



# ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y ECONOMÍA DEL CAMPUS DE CAPPONT

GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

AUTOR

GERARDO COLAY CASTRO

DIRECTORES

LIDIA RINCÓN VILLARREAL  
ALBERT CASTELL CASOL



<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>12</b>
<b>ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES (MATERIAL FLOW ANALYSIS, MFA) 12</b>	
2.1. El método MFA .....	12
2.2. Historia del MFA .....	12
2.3. Aplicación del MFA .....	13
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>14</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....</b>	<b>14</b>
3.1. Descripción constructiva del edificio .....	18
3.1.1. Sustentación del edificio .....	18
3.1.2. Sistema estructural .....	19
3.1.3 Sistema envolvente .....	21
3.1.3. Sistema de compartimentación .....	23
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>24</b>
<b>CONSUMO DE RECURSOS EN CATALUÑA.....</b>	<b>24</b>
4.1. Producción de minerales metálicos en Cataluña .....	25
4.2. Producción de minerales no metálicos en Cataluña .....	25
4.3. Consumo de recursos de primera transformación por parte de los principales sectores de la industria catalana .....	26
4.3.1. Consumo de recursos por parte del sector de la construcción en Cataluña .....	26
4.3.2. Consumo de recursos por parte de la industria de la fabricación de metales en Cataluña.....	27
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>29</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN CATALUÑA.....</b>	<b>29</b>
5.1. Generación de residuos en Cataluña por origen de generación .....	29
5.2. Gestión de residuos en Cataluña .....	31
5.2.1. Antecedentes de la gestión de los residuos en Cataluña .....	31
5.2.2. Programa general de prevención y gestión de residuos y recursos de Cataluña PRECAT20.....	34
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>38</b>
<b>PRONÓSTICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS EN CATALUÑA.....</b>	<b>38</b>

6.1. Características de los escenarios considerados .....	38
6.2. Previsiones de generación de residuos en cada uno de los escenarios. ....	39
6.2.1. Escenario tendencial .....	40
6.2.2. Escenario A .....	41
6.2.3. Escenario B .....	41
6.2.4. Escenario C .....	42
6.3. Resumen PRECAT20 .....	42
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>44</b>
<b>MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>44</b>
7.1. Naturaleza de los materiales que intervienen en la estructura .....	45
7.1.1. Naturaleza del acero .....	45
7.1.2. Naturaleza de la arcilla .....	46
7.1.3. Naturaleza de la arena .....	47
7.1.4. Naturaleza del árido .....	48
7.1.5. Naturaleza del cemento .....	51
7.1.6. Naturaleza de la grava .....	55
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>56</b>
<b>RESIDUOS PROCEDENTES DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>56</b>
8.1. Clasificación de los residuos .....	56
8.2. Gestión de los residuos .....	57
8.2.1. Instalaciones de gestión .....	57
8.2.2. Reciclaje del hormigón, ladrillo, tierras y piedras	63
8.2.3. Reciclaje del acero .....	69
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>70</b>
<b>ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES.....</b>	<b>70</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>74</b>
1.1. Determinación de los materiales, sustancias o productos que intervienen en la estructura del edificio .....	74
1.2. Hormigón .....	76
1.3. Estructura cerámica .....	77
1.4. Acero .....	80
1.5. Grava .....	81





ANEXO 2 .....	83
---------------	----



## OBJETIVOS

El objetivo final del proyecto es realizar el análisis del flujo de materiales que intervienen en la estructura de la Facultad de Derecho y Economía de la Universidad de Lleida, situada en el campus de Cappellet, perteneciente al barrio de Cappellet.

No se pretende elaborar un modelo que establezca los porcentajes de recuperación de materiales tras la demolición, para edificios de tipología similar, sino estudiar el recorrido de los materiales implicados, desde su fabricación y colocación hasta su retirada al finalizar la vida útil del edificio del que formaban parte, con el fin de conocer los recursos naturales que fueron extraídos para la fabricación de éstos y las posibilidades que ofrecen los materiales tras su uso, con el fin de reintroducirlos en el mercado.

Para ello se analizará el método de fabricación de cada material o producto existente en la estructura y las normas establecidas por la administración competente en cuanto a la gestión de residuos de la construcción y la demolición.

## RESUMEN

El objetivo final del proyecto es realizar el análisis del flujo de materiales que intervienen en la estructura de la Facultad de Derecho y Economía de la Universidad de Lleida.

En primer lugar se explica en qué consiste el Análisis del Flujo de Materiales (Material Flow Analysis, MFA), su historia y los campos de aplicación.

A continuación, se realiza una descripción del edificio objeto, explicando con especial atención la estructura portante, ya que será el punto clave a tratar durante el estudio.

En los dos siguientes apartados se realiza un análisis del consumo de recursos y la gestión de residuos en Cataluña con el fin de conocer el estado actual de la situación.

A partir de este análisis, se enumeran los principales materiales que intervienen en la estructura y se procede al estudio de su naturaleza.

En el siguiente capítulo se clasifican los residuos procedentes de la estructura para su posterior gestión.

En el último punto del proyecto, antes de las conclusiones, se realiza un esquema basado en el Análisis del Flujo de Materiales que muestra cada material implicado en el estudio, analizado desde su fabricación hasta su tratamiento como residuo.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

La construcción es uno de los oficios más antiguos de los que ha desarrollado el ser humano, conviene no olvidar esta circunstancia, ya que debido a ella la construcción presenta ciertas singularidades. La industria de la edificación se ha visto obligada a dar respuesta a las exigencias básicas del individuo (vivienda), del conjunto de la sociedad (edificios públicos) o de la industria. Y lo ha hecho a partir de situaciones tan diversas como extensa ha sido su permanencia en el tiempo.

Desde tiempos de Vitruvio ya se reutilizaban materiales empleados en obras anteriores, tal y como se redacta en su tratado *De Architectura*, capítulo segundo (De la solidez de los materiales), artículo segundo (Del empleo de los materiales). En él, se dice que las paredes exteriores no se hacían de adobe en lo alto porque esta parte quedaba expuesta a la injuria de la lluvia en caso de que alguna de las tejas con que se cubría se quebrase o corriese. Por eso, el remate de la pared era del mejor cascote de teja vieja, que habiendo servido mucho tiempo en algún tejado, se conocía estar bien cocida y hecha de buena tierra.

Siglos después la construcción derivó hacia una línea consumista en la que se promocionaba lo nuevo aunque fuera rápidamente perecedero. Es en este momento cuando las obras empezaron a demandar más materiales y a generar más residuos de los que se habían producido nunca.

Estudios recientes muestran que la construcción y el uso de los edificios son responsables del 25% de las extracciones de materiales de la corteza de la Tierra, el 30% del gasto energético y las emisiones de dióxido de carbono, el 20% del consumo de agua potable y entre un 30% y un 40% de la generación de residuos sólidos [1].

Es un sector altamente intensivo en la demanda de materiales. Tal y como se observa en la Figura 1, entre dos y tres toneladas de materiales se emplean por metro cuadrado en edificación estándar, lo que supone flujos del orden de más de dos kilogramos de materiales de construcción por persona y día, considerando estándares de durabilidad y ocupación habituales en nuestros edificios.

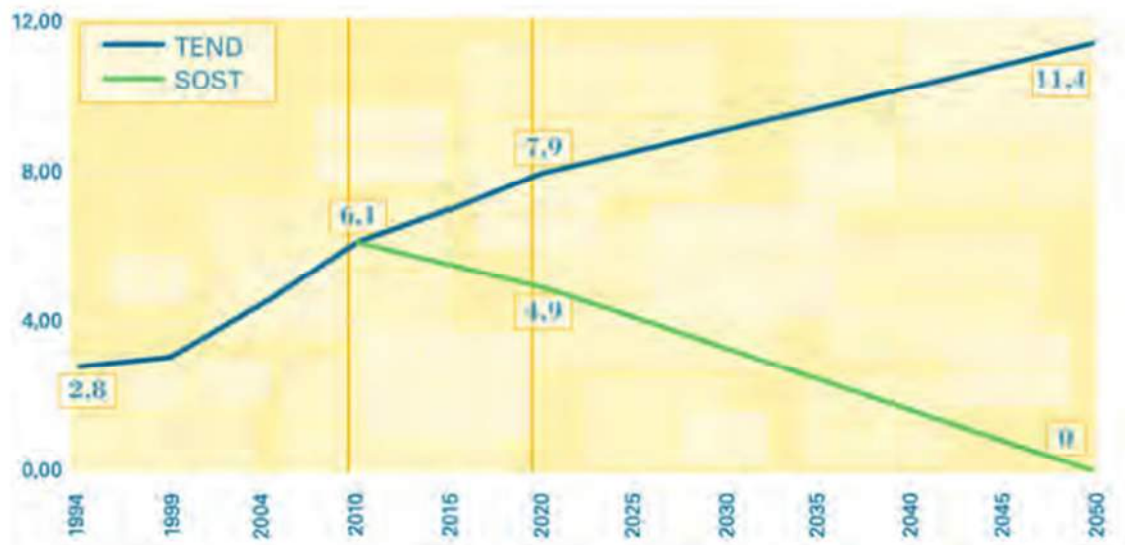


Figura 1: Demanda total de materiales de construcción por habitante y año (Toneladas).

Fuente: Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.

¿De dónde vienen y a dónde van a parar estos materiales?

Los materiales se mueven a través de un sistema que abarca desde la extracción, la producción, la distribución y el consumo hasta la destrucción. Este sistema se denomina la economía de los materiales y se encuentra en crisis dado que es un sistema lineal y el planeta Tierra y sus recursos son finitos.

Durante más de cuarenta años, la presión de la humanidad sobre la naturaleza ha excedido la capacidad de regeneración del planeta. Se necesitarían 1,5 Planetas Tierra para satisfacer el ritmo actual de consumo [2].

La Figura 2 muestra el aumento de residuos por habitante y año.

Por residuo se entiende, aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal.

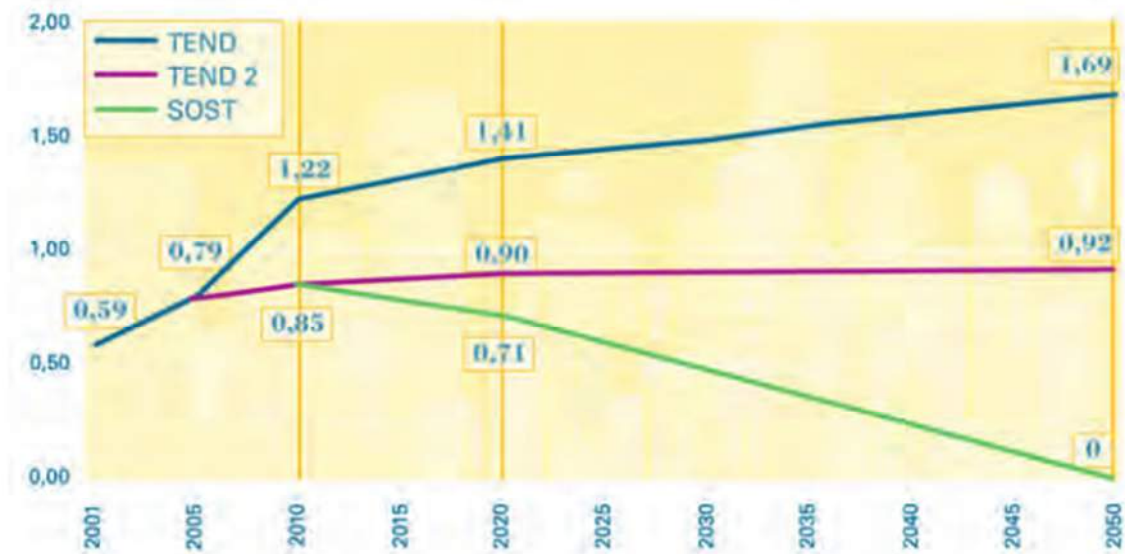


Figura 2: Residuos de edificación por habitante y año.

Fuente: Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.

Si se comparan la Figura 1 y la Figura 2, se observa como este aumento está relacionado con el incremento del consumo de materiales. Así pues, convertirse en residuo y posteriormente terminar en una planta de tratamiento es el último paso para la mayoría de los materiales empleados en la construcción. Unos acabarán en sistemas de eliminación como vertederos controlados o incineradoras y otros en sistemas de recuperación como el reciclaje o incineradoras con recuperación de energía.

La edificación tampoco es ajena a los problemas relacionados con el cambio climático.

La producción o extracción de materiales, su transporte, la construcción, el uso de los edificios y su mantenimiento y, finalmente, el derribo, suponen impactos ambientales significativos.

En España, los datos disponibles (Figura 3) muestran elevadas cantidades de emisiones por la extracción y transformación de materiales que posteriormente se utilizan en la construcción de edificios.

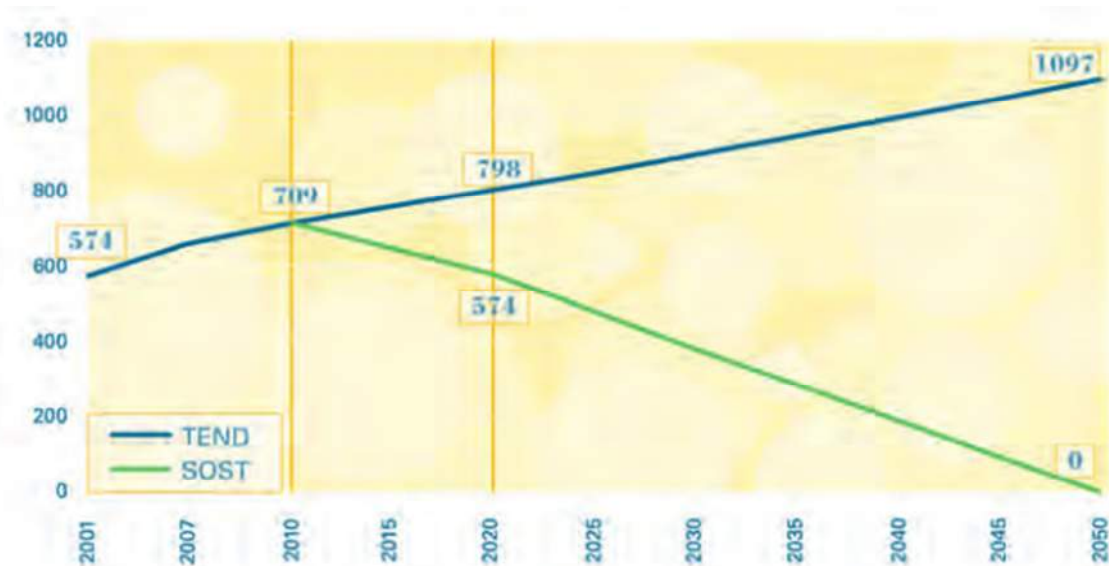


Figura 3: Kg de dióxido de carbono debidos a la fabricación de materiales.

Fuente: Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.

Para hacer frente al reto de la sostenibilidad y reducir tanto el consumo de materiales como el aumento de residuos, es preciso caracterizar el sector de la edificación en referencia al uso de materiales.

La cuantificación del volumen de producción y composición de los residuos procedentes de la construcción se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas fiables, lo que ha obligado hasta el momento a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos o basadas en muestras de limitada representatividad.

Se trata pues, de una línea de trabajo donde se pueden lograr grandes adelantos justamente porque no ha sido nunca identificada y analizada como un impacto clave en la edificación.

Para poder desarrollar nuevos sistemas de gestión de los residuos, tanto en la obra de construcción como en el derribo, que permitan prever y optimizar la gestión desde el propio proyecto, es importante conocer las cantidades de materiales implicados.

Ahí es donde entra el Análisis del Flujo de Materiales, una herramienta que permite una evaluación sistemática del flujo de materiales empleados en un sistema definido en espacio y tiempo; es decir, un análisis del requerimiento total de materiales.



## CAPÍTULO 2

### ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES (MATERIAL FLOW ANALYSIS, MFA)

#### 2.1. El método MFA

Es un cálculo sistemático de los flujos y existencias de materiales que tiene en cuenta las fuentes, caminos y los destinos intermedios y finales.

MFA puede ser controlado por un simple balance de material comparando ingresos, existencias y salidas del proceso. Esta es la característica distintiva del MFA que lo convierte en un método atractivo, como herramienta de soporte o decisión en la gestión de recursos, residuos o del medio ambiente. [3]

#### 2.2. Historia del MFA

Mucho antes de que el MFA llegara a ser una herramienta para la gestión de recursos, residuos, etc. el principio del balance de masas ha sido aplicado en diferentes campos como medicina, química, economía, ingeniería y ciencias naturales. El principio básico de cualquier MFA -conservación de la materia o ingresos igual a salidas- fue postulado por los griegos hace más de 2000 años.

En el siglo XX, los conceptos del MFA han emergido en varios campos de estudio en diferentes tiempos. Antes de que el término MFA fuera inventado, y antes de que el comprensivo método fuera desarrollado, muchos investigadores usaron la ley de la conservación de la materia para procesos de balance.

Uno de los primeros informes acerca del análisis de los flujos de materiales fue preparado en el siglo XVII por Santorio (1561-1636). La similitud de las conclusiones recogidas en el análisis del metabolismo antropogénico entre Santorio y autores modernos es increíble. Santorio fue un doctor en medicina cuyo principal interés era entender el metabolismo humano. Desarrolló el primer método de balance de los ingresos y salidas de una persona. Santorio midió el peso de la persona, de la comida y bebidas que consumía y de los excrementos que generaba.

A lo largo del siglo XX se realizaron numerosos trabajos en los que se empleaba el método de balance entre ingresos y salidas como por ejemplo: el análisis del metabolismo de las ciudades como Bruselas (Duvigneaud and Denayer-De), Hong Kong (Newcombe). La investigación de las transacciones económicas entre varios sectores (Wassily W.Leontief) y el estudio de los balances regionales de material en ciudades como Los Ángeles (Huntzicker) entre otros. [3]



### 2.3. Aplicación del MFA

El desarrollo histórico mostrado anteriormente muestra como el MFA ha sido aplicado como herramienta básica en diversos campos como economía, gestión medioambiental, gestión de recursos y gestión de residuos. [3]

En la actualidad el método MFA es aplicado en una gran variedad de campos gracias a su transparencia, la facilidad en la muestra de datos, su comportamiento sistemático y su utilidad como herramienta base para la aplicación de otros métodos como LCA (Life Cycle Assessment) entre otros aspectos.

## CAPÍTULO 3

### DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Lleida es una ciudad situada en la margen derecha del río Segre, al lado del Turó de La Seu Vella.

La ciudad se encuentra a unos 155 metros de altitud y a 140 kilómetros de Barcelona.

La presencia de la universidad en la ciudad de Lleida se remonta al 1 de septiembre del año 1300, cuando Jaime II la otorgó a petición de los estamentos municipales.

Tras 417 años de existencia, la universidad ponía fin a su primera etapa de vida.

El 15 de diciembre de 1991 el Parlamento de Cataluña aprobó la creación de la Universidad de Lleida. Este proceso de constitución concluyó el 27 de octubre de 1994 con la aprobación de los estatutos de la universidad.

En la actualidad la Universidad de Lleida está compuesta por cuatro campus (Figura 4), Cappont, Rectorado, ETSEA y Ciencias de la Salud.

El modelo de implantación de la Universidad de Lleida es el de una universidad de campus dispersos dentro de la ciudad.

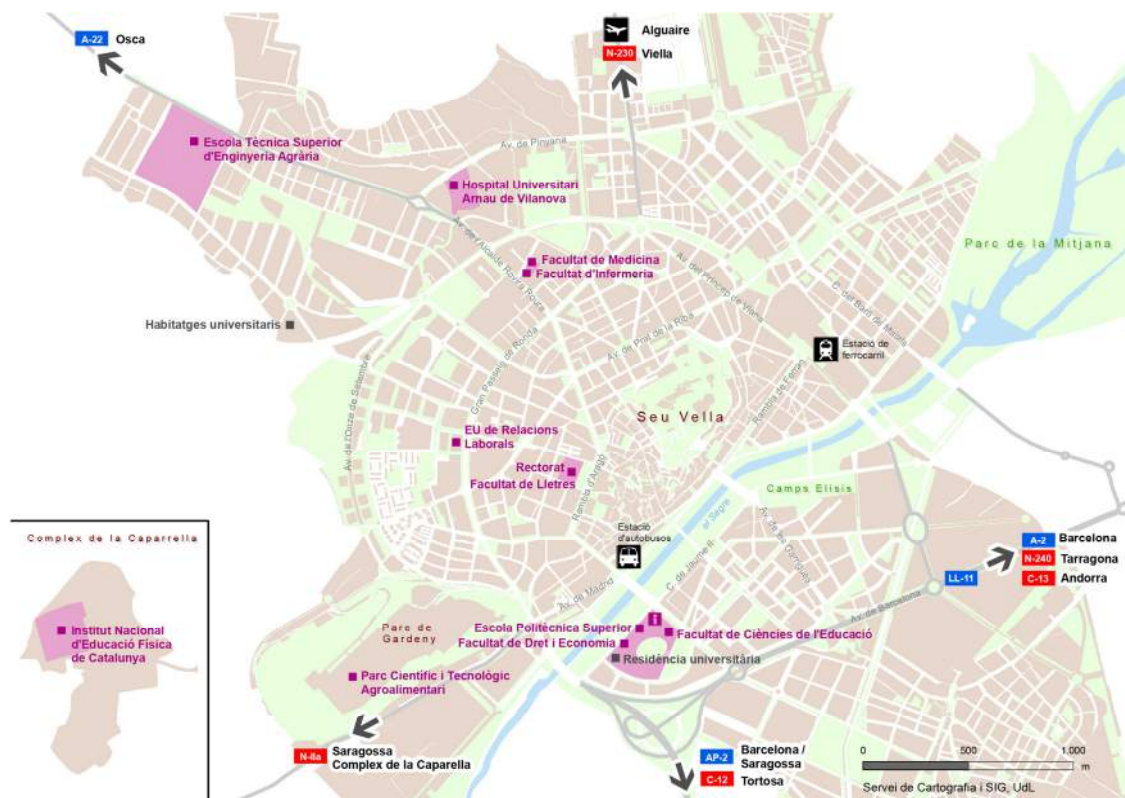


Figura 4: Campus universitarios.

Fuente: Universidad de Lleida.

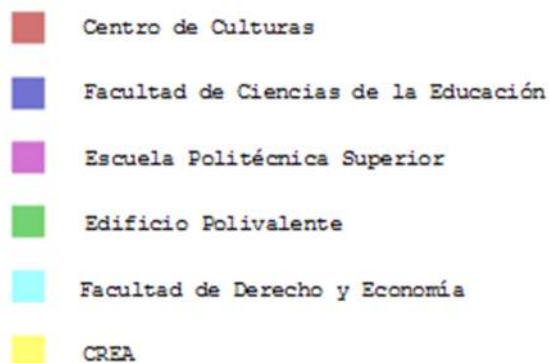
El campus de Cappont (Figura 5) se encuentra en la margen izquierda del río Segre, en el barrio de Cappont.

Está compuesto por el Centro de Culturas que acoge la biblioteca y el auditorio, la Facultad de Ciencias de la Educación, la Escuela Politècnica Superior, el edificio Polivalente, la Facultad de Derecho y Economía y el edificio CREA.



Figura 5: Campus de Cappont.

Fuente: Universidad de Lleida.



La Facultad de Derecho y Economía (Figura 6) se sitúa entre el edificio Polivalente y la residencia de estudiantes, paralela a la calle Jaime II.

El edificio parte de un volumen común y es a partir de la planta primera donde empiezan a diferenciarse los distintos volúmenes que conforman una geometría similar a un sector circular.



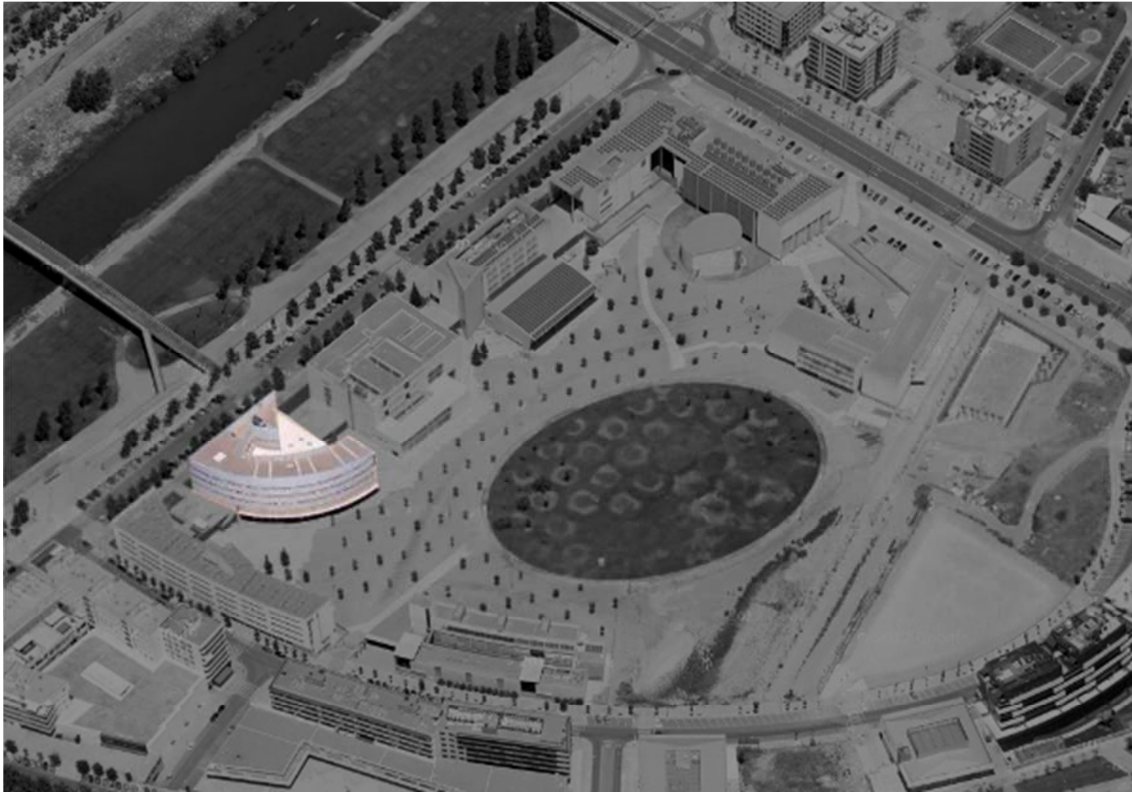


Figura 6: Vista aérea Facultad de Derecho y Economía.

En la fachada noroeste (Figura 7) se encuentra el acceso principal a la facultad, tiene forma rectilínea y está abierta al exterior mediante dos hileras de ventanas situadas en la planta baja y en la planta segunda.



Figura 7: Entrada principal.

La fachada sur (Figura 8) tiene una geometría curva que va de este a oeste. El número de aberturas es mayor que el de la fachada noroeste, con una hilera de ventanas desde la planta baja hasta la planta tercera.



Figura 8: Fachada sur.

En la fachada noreste (Figura 9) se encuentra la entrada secundaria a la facultad. Dicha entrada se encuentra un nivel por debajo de la entrada principal (Figura 7).



Figura 9: Fachada noreste.

El edificio tiene un total de cuatro plantas.

La planta sótano tiene acceso directo desde el exterior y está conformada por un gran hall que articula las aulas con el acceso a la planta baja.

En la planta baja se encuentra la entrada principal a la Facultad de Derecho y Economía. En el hall se ubica la secretaría académica y las comunicaciones verticales (ascensor y escalera), desde éste arranca un pasillo que recorre de oeste a este el volumen con geometría curva y las escaleras que permiten acceder a la planta sótano.

Las plantas primera y segunda siguen un esquema de funcionamiento similar al de la planta baja. El hall de las comunicaciones verticales

articula el pasillo que recorre la fachada sur con la zona de aulas y salas que ocupan el volumen orientado principalmente hacia el norte. La planta tercera está constituida por el hall de las conexiones verticales y el pasillo que recorre el volumen con geometría curva y en el que se ubican aulas y departamentos.

### 3.1. Descripción constructiva del edificio

En este apartado se procede a la descripción del edificio desde el punto de vista constructivo, incidiendo en la parte correspondiente a la estructura.

#### 3.1.1. Sustentación del edificio

La cimentación del edificio está realizada en profundidad mediante pozos aislados para apoyarse en el estrato resistente. Dadas las características del suelo, el tipo de edificio proyectado, así como la cuantía de cargas, se optó por este sistema de cimentación (Figura 10).

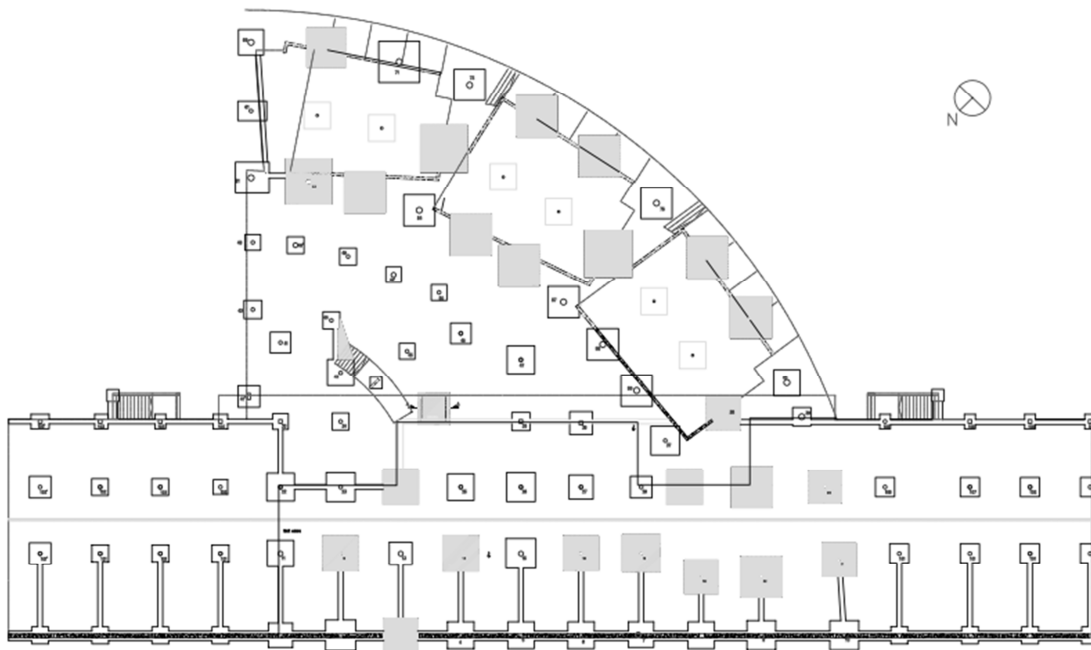


Figura 10: Cimentación.

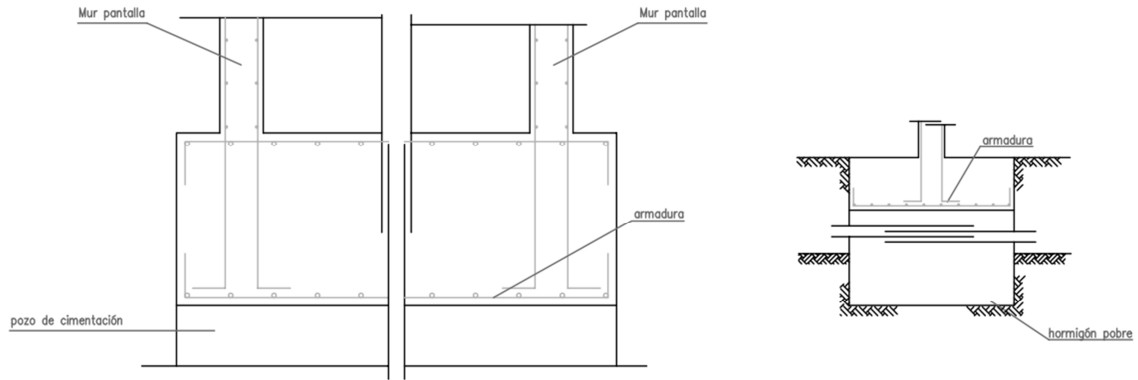


Figura 11: Ejemplo de zapata y pozo de cimentación.

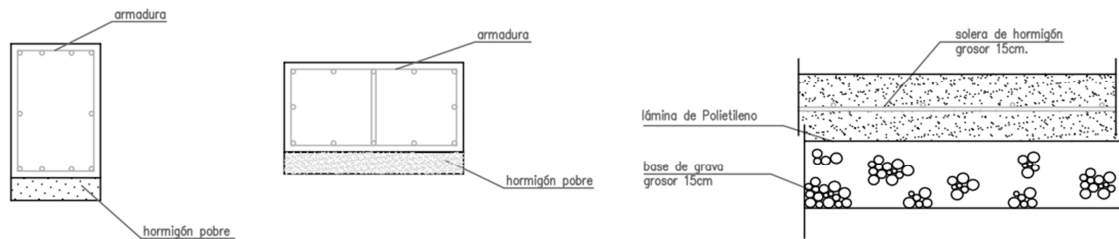


Figura 12: tipos de riostras y solera de hormigón.

### 3.1.2. Sistema estructural

La estructura portante está compuesta por pilares de hormigón de sección cuadrada o circular y muros, ya que la planta baja se encuentra con un lado enterrado respecto al nivel de la calle Jaime II (Figura 13).





Figura 13: Muro de contención bajo calle Jaime II.

La estructura horizontal está resuelta mediante forjado reticular (Figura 14) con casetones de mortero de cemento, distancia entre ejes de 0,80 metros, barras corrugadas para la armadura y malla electrosoldada de 200x200x5 centímetros, exceptuando algunas zonas resueltas mediante losa, como en la planta baja. El hecho de que en el forjado de la planta baja se definan diferentes usos genera la aparición de jácenas de cambio de nivel allí donde la construcción lo requiere (Figura 10).

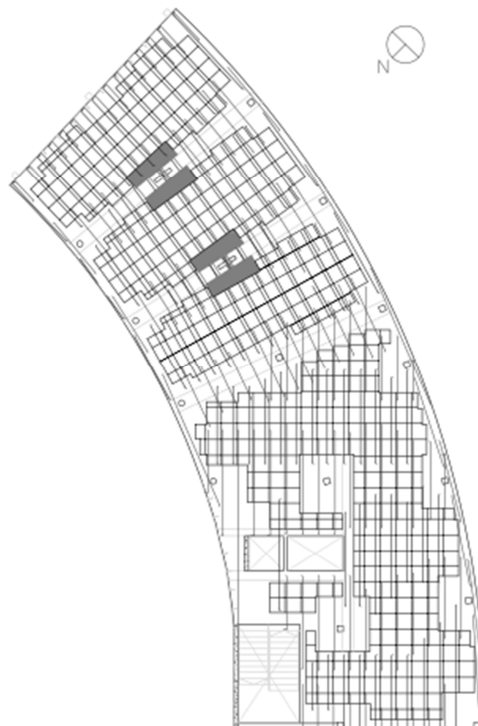


Figura 14: Armado transversal plantas primera, segunda y tercera

Las escaleras (Figura 15) que se ubican en el exterior son de acero y las que se encuentran en el interior están construidas mediante losas de hormigón (E2, E4, y E5). Dos de las tres escaleras exteriores (E1) están resueltas de manera convencional mediante perfiles UPN y la tercera, que se encuentra enlazando los forjados de planta baja, primera, segunda y tercera, es una escalera de perfiles rectangulares vacíos haciendo tijera (E3).

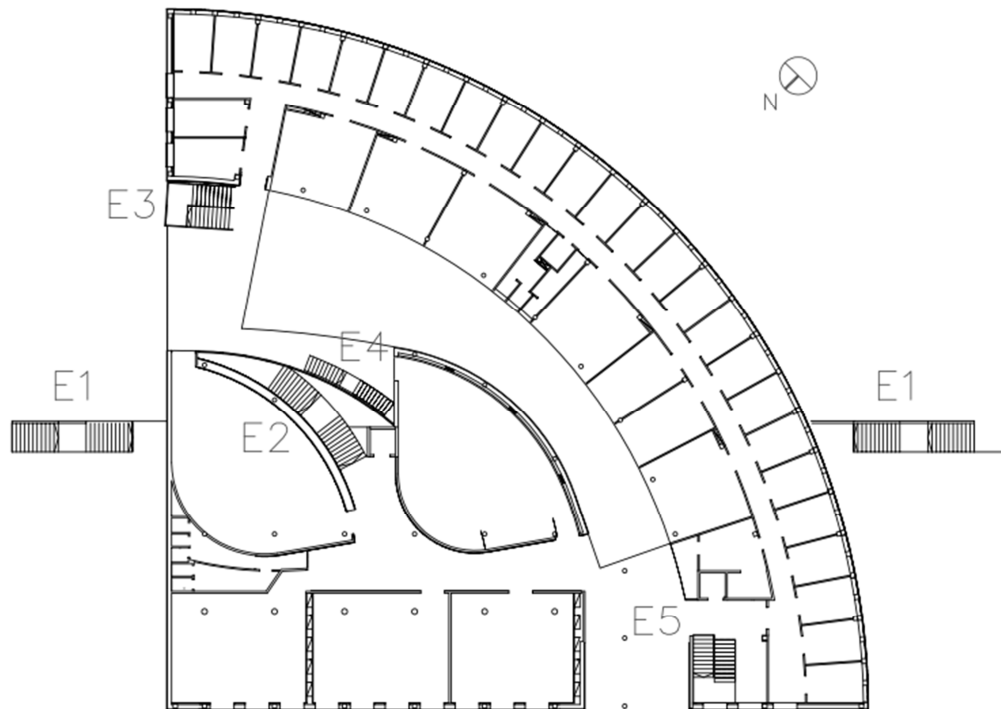


Figura 15: Esquema de situación de las escaleras.

### 3.1.3 Sistema envolvente

La Facultad de Derecho y Economía tiene dos tipos de acabado para las fachadas. Fachada ventilada constituida por placas de piedra (Figura 16), ancladas con sujeciones de acero inoxidable y fijadas con tacos no expansivos a la pared de termoarcilla y fachada recubierta mediante chapa galvanizada de perfil ondulado colocada sobre perfiles omega (Figura 17).

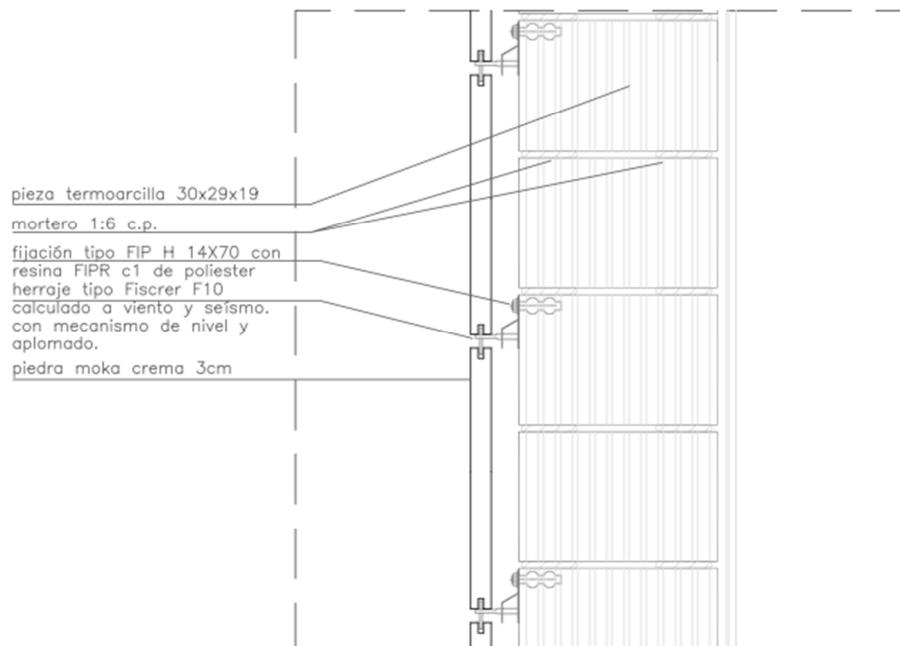


Figura 16: Fachada ventilada.

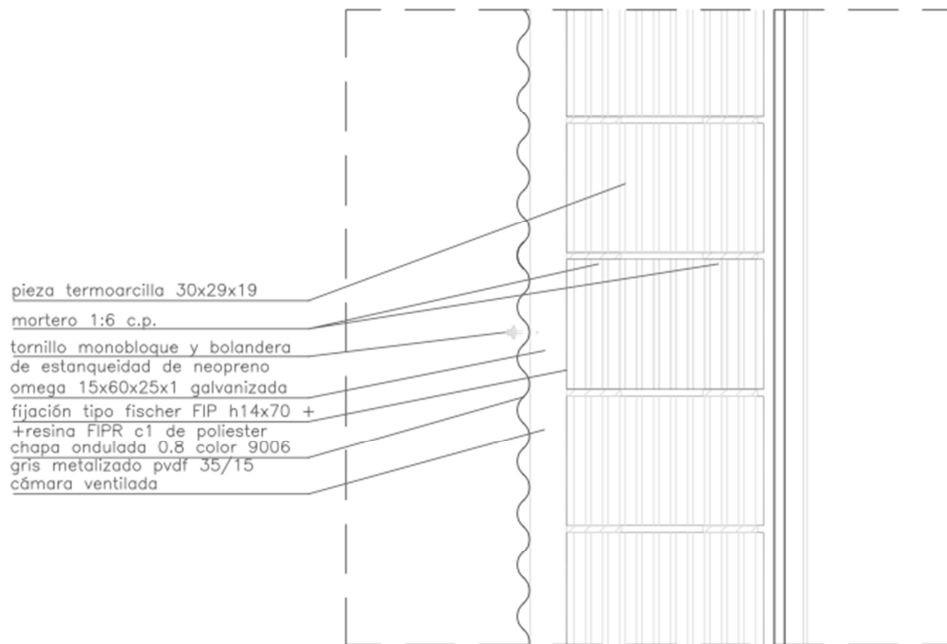


Figura 17: fachada de chapa ondulada micro perforada.

Las cubiertas del edificio están resueltas mediante cubierta plana, aunque se distinguen varios tipos. Cubierta invertida transitable acabada con pavimento flotante (Figura 18), cubierta plana no transitable con capa de grava (Figura 19) y cubierta para tránsito rodado con pavimento de hormigón ligero.

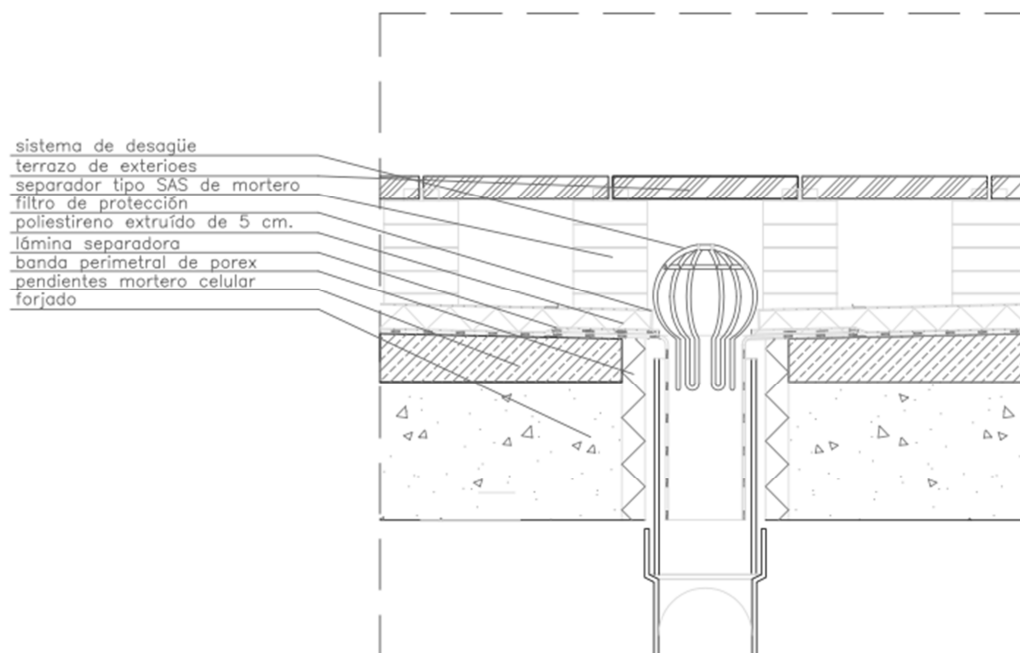


Figura 18: Cubierta invertida transitable.

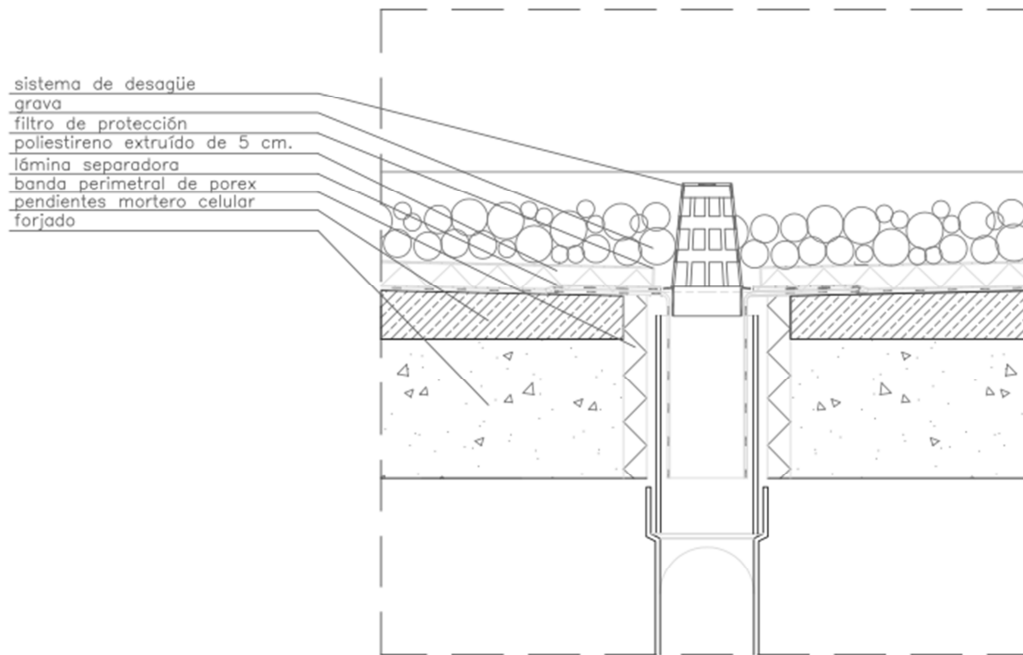


Figura 19: Cubierta plana no transitable.

La carpintería exterior está constituida por ventanas de aluminio lacado.

### 3.1.3. Sistema de compartimentación

La tabiquería interior está conformada por paredes divisorias de ladrillo perforado, ladrillo hueco de gran formato y placas de yeso laminado.

En la planta baja las paredes están recubiertas con chapa metálica microperforada. Las paredes de los pasillos que recorren toda la fachada sur son de planchas de madera. El resto de la tabiquería está recubierto con un enlucido de yeso salvo algún paramento recubierto con planchas de madera, del mismo tipo que las empleadas en los pasillos que recorren el volumen con geometría curva.

## CAPÍTULO 4

### CONSUMO DE RECURSOS EN CATALUÑA

Los recursos como el agua, la biomasa o los minerales son extraídos por parte del ser humano de los ecosistemas y, a través de un mayor o menor procesado, se crean aquellos productos necesarios para satisfacer sus necesidades, constituyendo un elemento base para el desarrollo de la especie humana. Los recursos naturales tienen la limitación de su escasez y en determinadas situaciones su extracción y procesado puede causar importantes desequilibrios en los ecosistemas.

Los recursos pueden catalogarse de diversas maneras. Una primera clasificación sería en función de si los son de carácter renovable o no renovable y otra manera sería en función del origen, si se trata de recursos extraídos directamente del ecosistema o si están elaborados a partir de una transformación de éstos últimos.

En este contexto, se ha de destacar que los materiales recuperados a partir de los residuos pueden emplearse como sustitutos de éstos últimos que están elaborados a partir de materias primas extraídas de la naturaleza, reduciendo así el impacto sobre ésta.

En Cataluña, el consumo de recursos es superior a la disponibilidad del territorio; sin embargo, la evolución de las técnicas de exploración y explotación de yacimientos ha evitado, hasta hace pocos años, que el progresivo agotamiento de los recursos no renovables y la explotación de los recursos renovables por encima de su capacidad de regeneración, tuvieran un efecto negativo sobre el precio de los recursos (Figura 20). [4]

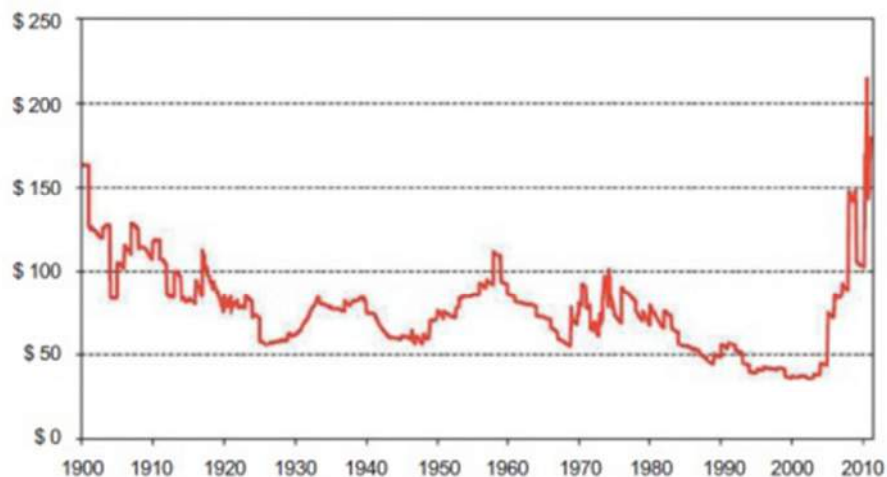


Figura 20: Evolución del precio del mineral del hierro (dólares por tonelada).

Fuente: Grantham, J., 2009.

Ante estos hechos, la Unión Europea apostó por un uso eficiente de los recursos, siendo la correcta gestión de éstos uno de los pilares que hagan que los recursos existentes en la UE se mantengan en circulación.

Cataluña no se escapa de esta vulnerabilidad que representa el sobreconsumo de recursos cada vez más escasos. Para conocer con mayor detalle esta situación, se ha analizado cuales son las cantidades producidas de los diferentes tipos de recursos, las cantidades consumidas y el total de residuos generados dentro del sector de la construcción y la industria de los metales.

#### 4.1. Producción de minerales metálicos en Cataluña

Según indicó el Instituto Geológico y Minero de España en el año 2012, la minería metálica se distribuye entre Andalucía, Asturias, Extremadura, Castilla y León y Galicia, siendo Andalucía la más destacada, ya que con sólo dos explotaciones ha aportado alrededor del 87% (602,4 millones de euros) del valor total. En este sentido, la importación es, actualmente, el único recurso para la obtención de mineral metálico en Cataluña.

#### 4.2. Producción de minerales no metálicos en Cataluña

Según datos de la Agencia de Residuos de Cataluña (Figura 21), las explotaciones mineras de Cataluña produjeron en el año 2011 870.650 toneladas de rocas ornamentales, utilizadas principalmente en la actividad constructiva y 34.918.791 toneladas de productos de cantera que, después de una primera transformación son utilizadas de forma mayoritaria en la actividad constructiva.

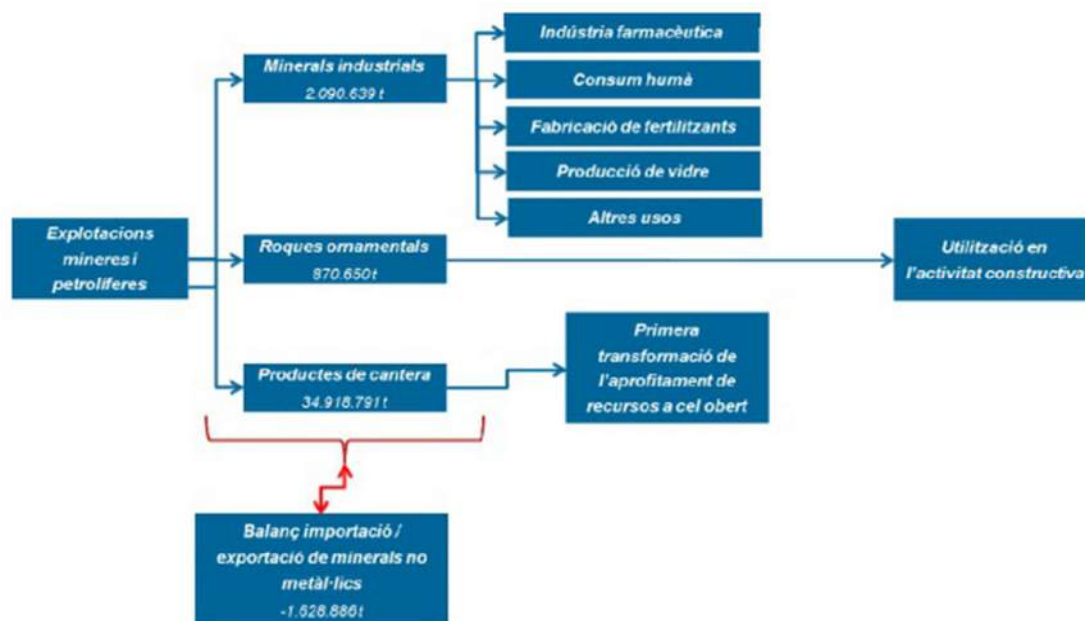


Figura 21: Producción de minerales no metálicos.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

### **4.3. Consumo de recursos de primera transformación por parte de los principales sectores de la industria catalana**

A continuación, se analiza el consumo de recursos por parte de algunos de los principales sectores. En este sentido, el análisis se centra en aquellos de los que provienen los materiales que serán estudiados más adelante y para los que se cree que la recuperación de residuos podría aportar un mayor grado de sustitución de las materias primas utilizadas. Éstos son el sector de la construcción y el sector de la industria de la fabricación de metales.

Para una mayor comprensión de la situación, los consumos evaluados en cada caso se han relacionado con los balances de producción de las materias primas indicados anteriormente con el fin de mostrar el ciclo completo por parte de los sectores analizados.

#### **4.3.1. Consumo de recursos por parte del sector de la construcción en Cataluña**

El consumo de minerales no metálicos para la producción de productos de construcción y demolición en Cataluña (Figura 22) fue de 34.160.555 toneladas en el año 2011. De éstas, se calcula que 870.650 toneladas fueron utilizadas de forma directa como rocas ornamentales. El resto de minerales no metálicos producidos, permitieron fabricar en 2011, 12.500.000 toneladas de hormigón, morteros y prefabricados, 4.000.000 de toneladas de cemento, 313.000 toneladas de cal, 230.000 toneladas de yesos y escayolas y 624.000 toneladas de cerámica. A estos datos hay que sumar 8.633.000 toneladas pertenecientes a otras aplicaciones del árido según el Informe de coyuntura de la minería a cielo abierto en Cataluña, realizado por el Departamento de Empresa y Ocupación en el año 2013.

En este mismo contexto, el balance entre importaciones y exportaciones de productos de la construcción para el año 2011 refleja una exportación de 525.320 toneladas de los materiales producidos. Se ha de considerar que esta información es parcial al no contemplar los intercambios con el resto del país. [5]

Conociendo las cantidades de materiales producidos y el balance entre importación y exportación, se obtiene que en el año 2011 se consumieron en Cataluña 26.645.330 toneladas de materiales de construcción. Por otro lado, la producción de residuos de la construcción y la demolición ese mismo año fue en torno a 3.200.000 toneladas. [4]

Si esta cifra se pone en relación con el consumo indicado se obtiene, de manera aproximada, que el porcentaje máximo de sustitución de materias primas por materias procedentes de los residuos de la construcción y la demolición sería de un 12% (Tabla 1).

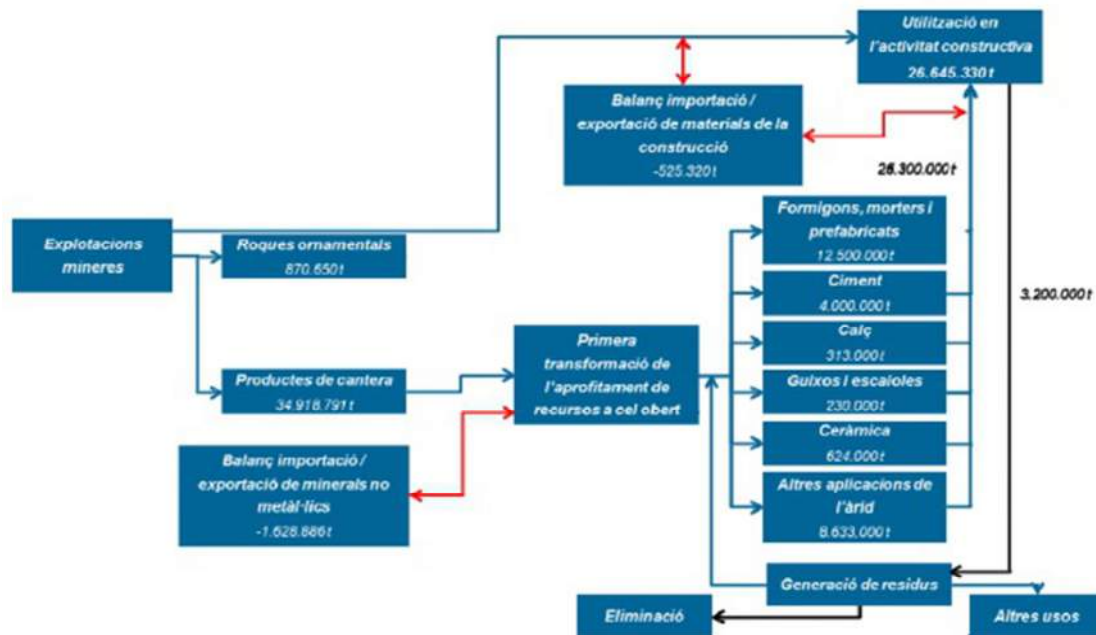


Figura 22: Producción de materiales para la construcción.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

#### 4.3.2. Consumo de recursos por parte de la industria de la fabricación de metales en Cataluña.

Como ya se ha comentado anteriormente, la producción de minerales metálicos en Cataluña es actualmente inexistente, es por ello que la producción de metales férricos se realiza principalmente a partir del reciclaje de metales.

En el año 2011 la producción de hierro y acero en Cataluña fue de 462.301 toneladas (datos obtenidos de la actividad de la empresa Compañía Española de Laminación S.A. en Cataluña).

Por otro lado, el sector industrial de Cataluña generó en el año 2011 521383 toneladas de residuos metálicos.

Si se pone en relación esta cifra con el consumo indicado para el sector, se obtiene, de manera aproximada, que el porcentaje máximo de sustitución del consumo de materias primas sería de un 112% (Tabla 1), de manera que se podría suplir la totalidad de las necesidades a través de los procesos de recogida selectiva y reciclaje e incluso habría un excedente de material.



RECURSOS	Consumo (t de materias primas/año)	% máximo del consumo que se podría suplir a través de la recuperación de los residuos producidos en Cataluña
Sector de la construcción	26.645.330	12%
Industria de la fabricación de metales	462.301	148%

Tabla 1: Consumo de recursos en Cataluña, año 2011.

\*Un balance negativo hace referencia a una exportación neta de este material

## CAPÍTULO 5

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN CATALUÑA

Antes de analizar la gestión de los residuos, es conveniente conocer su procedencia o naturaleza y las cantidades generadas.

Para el análisis de la generación de residuos la Agencia de Residuos de Cataluña establece dos formas diferenciadas de hacerlo: por flujo de materiales y por origen de la generación.

En el caso del análisis de la generación por flujos de materiales, se ha de saber que este tipo de estudio es bastante reciente en Cataluña, de manera que la recopilación de datos en torno a la gestión de los residuos no está orientada a un tratamiento estadístico de los mismos [4]

#### 5.1. Generación de residuos en Cataluña por origen de generación

En el periodo 2007-2012, la generación global de residuos en Cataluña experimentó una reducción del 50% (Figura 23), fruto principalmente de la crisis económica que afecta a todos los sectores y estratos de la sociedad. Pasando de las 20,9 millones de toneladas del año 2007 a los 10,4 millones de toneladas en el año 2012 (Tabla 2). [4]

AÑO	Residuos Industriales	Residuos de la Construcción y la Demolición
2007	5427,3 t	10657,4 t
2012	3619 t	2540,3 t
Variación	-33,00%	-76,00%

Tabla 2: Evolución de la generación de residuos según el origen. Periodo 2007-2012 (toneladas y porcentaje de variación).

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

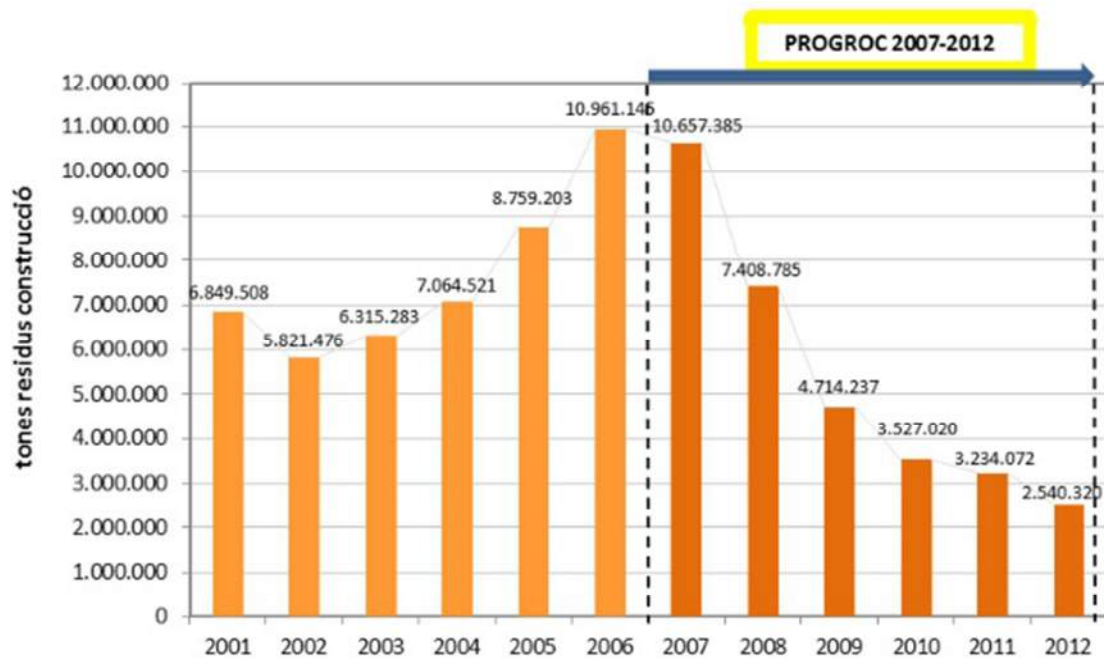


Figura 23: Evolución de la generación de RCD's (toneladas) en Cataluña.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

Un 43% de los residuos generados en el año 2012 se destinaron a valorización a través de plantas de reciclaje y selección. En este sentido, las entradas de residuos de la construcción en instalaciones de valorización han ido disminuyendo desde el año 2010 (Figura 24). [4]

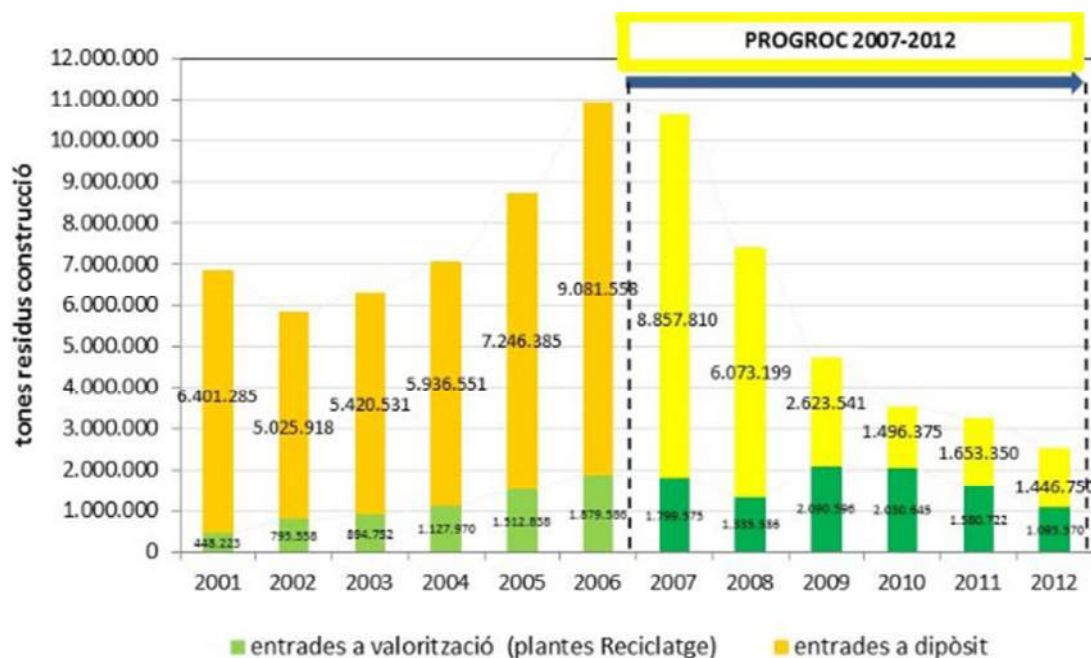


Figura 24: Evolución de la gestión de RCD's (toneladas) en Cataluña.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

## **5.2. Gestión de residuos en Cataluña**

Con motivo de establecer un marco jurídico que rigiera la gestión de los residuos en Europa, se elaboró una normativa básica en materia de residuos: la Directiva 2008/98/CE cuya principal función era establecer una serie de medidas destinadas a la protección del medio ambiente y la salud de las personas, mediante la prevención o la reducción de la generación de residuos, la reducción de los impactos generados por el uso de recursos y una mejora de la eficiencia en el uso de éstos.

Así, a través de esta normativa, surgió la Ley estatal 22/2011 de residuos y suelos contaminados cuyo principal objetivo era establecer un régimen jurídico sobre la producción y gestión de residuos, así como el establecimiento de medidas para prevenir su generación.

En el ámbito territorial de Cataluña, en el marco de las competencias de la Generalidad en materia de ordenación del territorio, protección del medio ambiente y de preservación de la naturaleza se elaboró el Decreto Legislativo 1/2009 por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley reguladora de los residuos.

Uno de los principales objetivos de esta regulación es la protección del medio ambiente mediante la reducción del impacto ambiental, fomentando la prevención y reducción de la producción de los residuos, su reutilización, el reciclaje y otras formas de valorización material.

En el artículo 56 del Decreto Legislativo 1/2009 se hace referencia a la Agencia de Residuos de Cataluña como una entidad de derecho público que goza de personalidad jurídica propia y plena capacidad de obrar. Dicha agencia tiene la responsabilidad de la consecución de los objetivos fijados por el artículo 2 y 6 de dicho Decreto Legislativo además de la elaboración de programas sectoriales en materia de residuos.

### **5.2.1. Antecedentes de la gestión de los residuos en Cataluña**

Durante el periodo 2007-2012 la gestión de residuos en Cataluña se realizó en base a tres programas de gestión: el Programa de Gestión de los Residuos Municipales en Cataluña (PROGREMIC), el Programa de Gestión de los Residuos Industriales en Cataluña (PROGRIC) y el Programa de Gestión de los Residuos de Construcción en Cataluña (PROGROC).

Con motivo de la creación de un nuevo programa de gestión de residuos, se realizó de forma previa un balance de cada uno de los programas anteriores con el propósito de evaluar el grado de consecución de los objetivos que se habían fijado e identificar las necesidades futuras.

Siguiendo la línea de estudio de este trabajo, sólo se mostrarán las conclusiones referentes a la gestión de residuos de la construcción.

#### **5.2.1.1. Principales conclusiones del balance del PROGROC 2007-2012**

El PROGROC 2007-2012 preveía cuatro objetivos generales (Tabla 3) y cinco objetivos básicos (Tabla 4). Las siguientes tablas sintetizan el grado de cumplimiento de estos objetivos.

OBJETIVOS GENERALES DEL PROGROC 2007-2012	
Objetivos	Grado de consecución 2012
La consolidación del modelo de gestión de residuos de la construcción y la demolición a partir del despliegue de las infraestructuras de tratamiento necesarias y de aquellos instrumentos que han de prestar soporte.	C
El fomento de la propia obra como la fase de referencia para la correcta gestión de los residuos de la construcción y la demolición, a través de las pautas metodológicas adecuadas u las herramientas de comunicación que sean necesarias.	PC
La contribución al cierre del ciclo de materiales, de manera que los esfuerzos de valorización de los residuos de la construcción y la demolición se vean recompensados con la consolidación de un mercado de materiales reciclados suficiente para absorberlos.	PC
La mejora de los procesos de comunicación y control de los agentes implicados en la gestión de residuos de la construcción y demolición.	PC

Tabla 3: Grado de consecución de los objetivos generales del PROGROC 2007-2012.

Grado de consecución del objetivo: **C** (Conseguido); **PC** (Parcialmente Conseguido); **NC** (No Conseguido).

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

OBJETIVOS CUANTITATIVOS DEL PROGROC 2007-2012		
Objetivos		Valor conseguido 2012
Recogida y gestión de los residuos de la construcción y la demolición.	100%	80%
Reducción de la generación de residuos de la construcción y demolición.	10%	76%
Reciclaje de residuos de la construcción y demolición.	50%	43%

Tabla 4: Grado de consecución de los objetivos cuantitativos del PROGROC 2007-2012.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

#### 5.2.1.2. Análisis de la recogida y gestión de los residuos de la construcción y la demolición

La diferencia entre el objetivo y el valor conseguido se debe principalmente al aumento de la gestión ilegal, como consecuencia de la voluntad de reducir la partida de costes que supone este aspecto y la aparición de instalaciones que no cumplen con los requisitos básicos exigidos a las instalaciones de estos residuos. [4]

#### 5.2.1.3. Análisis de la reducción de la generación de residuos de la construcción y la demolición

Este objetivo se estableció bajo unos supuestos de evolución del sector de la construcción que no se cumplieron como consecuencia de la situación de crisis económica. [4]

#### 5.2.1.4. Análisis del reciclaje de residuos de la construcción y la demolición

Este objetivo tampoco ha sido cumplido debido, principalmente, a la disminución de la actividad del sector de la construcción como consecuencia de la crisis económica. [4]

### **5.2.2. Programa general de prevención y gestión de residuos y recursos de Cataluña PRECAT20.**

Cataluña es deficitaria en muchos de los recursos que consume, por este motivo precisa de la importación para satisfacer sus necesidades. Se hace evidente la necesidad de una estrategia de prevención que contribuya de manera significativa al uso eficiente de los recursos, además de una recuperación de éstos para su reintroducción en la economía circular.

Con motivo de hacer frente a los retos estratégicos y objetivos en materia de prevención y gestión de residuos durante los próximos años, en el año 2013 la Agencia de Residuos de Cataluña elaboró el Programa general de prevención y gestión de recursos en Cataluña PRECAT20.

El PRECAT20 integra los anteriores programas de gestión de residuos: PROGEMIC, PROGRIC y PROGROC. Éstos trabajaban en función del origen de generación de los residuos (municipales, industriales y de la construcción) lo cual dificultaba el reciclaje. PRECAT20 está basado en los flujos materiales de residuos. De este modo, el residuo se entiende como un recurso, lo que permite superar los límites de las estrategias clásicas de gestión.

El objetivo general de este programa es determinar la estrategia de actuación de la Generalitat de Cataluña en materia de prevención y gestión de residuos, bajo la perspectiva de contribuir a la obtención y uso eficiente de los recursos y favoreciendo el desarrollo de una economía circular [4]. Este objetivo general se descompone en objetivos estratégicos (Tabla 5) y objetivos específicos de carácter cuantitativo y cualitativo (Tabla 6).

	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS
Troncales	Potenciar la visión de los residuos como recursos.
	Contribuir, desde una perspectiva de ciclo de vida y en el marco de la política energética, a la lucha contra el cambio climático y otros impactos asociados a la gestión de residuos y al uso de recursos.
	Proteger el suelo como un medio básico y recurso de carácter no renovable.
Jerarquía de gestión	Reducir la generación de residuos, impulsando la prevención y particularmente la reutilización.
	Fomentar la preparación para la reutilización de residuos.
	Incrementar la valorización del conjunto de residuos, particularmente la valorización material desde una óptica de la economía circular.
	Suprimir progresivamente la disposición de residuos valorizables.

Tabla 5: Objetivos estratégicos del PRECAT20.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

Descripción de los objetivos	Objetivo 2012	Objetivo 2020
PREVENCIÓN		
Reducción de la generación de residuos.	-10,00% <sup>1</sup>	-15,00% <sup>2</sup>
GESTIÓN GENERAL		
Valorización de residuos industriales.	82% (destino a valorización)	70% (valorización efectiva)
Valorización de los residuos de la construcción.	50%	75%
Residuos sin tratar destinados a incineración o depósito controlado.	0%	0% (2018)



Tabla 6: Principales objetivos cuantitativos del PRECAT20.

Notas: <sup>1</sup> Reducción prevista respecto a la existente el año 2007.

<sup>2</sup> Objetivo respecto al existente el año 2010.

<sup>3</sup> La valorización consiste en someter un residuo a un tratamiento para obtener una materia prima o nuevo producto.

<sup>4</sup> La valorización efectiva es la cantidad de residuos que finalmente ha podido ser tratada.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

#### 5.2.2.2. Ámbito de aplicación del PRECAT20

A la hora de determinar el ámbito de aplicación del PRECAT20 hay que tener en cuenta tres tipos diferentes: el ámbito de aplicación territorial, el ámbito de aplicación temporal y el ámbito de aplicación material.

El PRECAT20 será de aplicación a toda Cataluña en el periodo que comprende los años 2013 y 2020 (ambos incluidos) y a aquellos residuos que se originen y gestionen en el territorio catalán, quedando excluidos del ámbito del PRECAT20:

- Los residuos radioactivos.
- Los residuos resultantes de la prospección, la extracción, el tratamiento y el almacenaje de recursos minerales y de la explotación de canteras.
- Los residuos de explotaciones agrícolas y ganaderas que no sean peligrosos y se utilicen exclusivamente en el marco de la explotación agraria.
- Los explosivos desclasificados.
- Las aguas residuales.
- Los efluvios gaseosos emitidos a la atmósfera.

#### 5.2.2.3. Jerarquía de gestión de los residuos establecida por la normativa vigente

Tal y como se ha comentado en el apartado (GESTIÓN DE RESIDUOS), se elaboró una normativa básica en materia de residuos con motivo de establecer un plan que regulase las pautas a seguir en la gestión de residuos y cuya función principal es la protección del medio ambiente y la salud de las personas.

Éste propone una jerarquía (Figura 25) en la gestión de los residuos cuyo fin principal es el aprovechamiento de los recursos y su reintroducción en la sociedad y en la economía circular.

Para ello prima la prevención en la generación de residuos, lo cual exige la adopción de una serie de medidas antes de que el material o sustancia se haya convertido en residuo. Una vez se han generado residuos, se impulsa la preparación para la reutilización mediante la comprobación, limpieza o reparación de éstos para que puedan reutilizarse sin necesidad de otra transformación previa. En tercer lugar se encuentra el reciclaje, consistente en cualquier operación mediante la cual los residuos son transformados en nuevos productos, materiales o sustancias. Cuando ya no es posible la transformación de un producto, material o sustancia con el fin de prepararlo para su

reutilización o reciclaje, se procede a otros tipos de valorización, incluida la energética y, por último, la deposición o eliminación segura cuando el resto de opciones no ha sido posible.



Figura 25: Jerarquía de gestión de los residuos.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

## CAPÍTULO 6

### PRONÓSTICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS EN CATALUÑA

Con el fin de conseguir los objetivos fijados por la Agencia de Residuos de Cataluña, el PRECAT20 contempla un estudio sobre la generación futura de residuos en Cataluña.

Para ello, partió de la definición de cuatro situaciones económicas distintas con sus consiguientes pronósticos acerca de la generación de residuos, tanto municipales e industriales como aquellos procedentes de la construcción y la demolición, además de, la evolución de la población y la tasa de paro.

En este sentido, se ha de tener en cuenta que los distintos escenarios reflejan situaciones fruto de la no aplicación de las medidas previstas.

#### 6.1. Características de los escenarios considerados

A continuación (Tabla 7) se muestra, de manera resumida, las características de los distintos escenarios definidos. El escenario B es el que se consideró como base para la elaboración del PRECAT20.

	Evolución de la economía	Evolución de la actividad industrial	Evolución de la actividad constructiva
Escenario tendencial	Se sigue la tendencia de evolución de la generación de residuos por cápita de los últimos años. El sector industrial y de la construcción se caracterizan por la continuación de la crisis económica.	Se sigue la tendencia del periodo 2000-2009 de reducción del peso de la industria en la economía catalana.	Decrecimiento de la actividad constructiva hasta el año 2015, que se mantendrá estancada durante el periodo 2015-2018. a partir de este año se producirá una cierta recuperación de la actividad (incrementos de un 5% anual).
Escenario A	Situación de recesión durante el año 2013 más aguda que la prevista, debido al empeoramiento de la economía a nivel mundial. No se observará crecimiento positivo neto hasta 2016.		
	Escenario más aproximado a las	El peso de la	Decrecimiento de la actividad

Escenario B	previsiones. En el año 2013 la economía continuará en recesión, iniciándose una ligera recuperación en 2014, consiguiéndose un nivel de crecimiento del 2% en 2020.	industria en Cataluña se mantiene a niveles del año 2011: un 20,3% sobre el VAB total durante todo el periodo 2013-2020.	constructiva hasta el año 2014, estancamiento durante este año y recuperación en el periodo 2015-2020 (ritmos de incremento de la actividad de un 5% anual).
Escenario C	Punto de partida similar al escenario B. Se produce un mayor crecimiento gracias a la mejora de la competitividad y las exportaciones, consiguiéndose en el año 2020 un crecimiento del 3%.	Se produce una cierta reindustrialización de Cataluña, como consecuencia de una reducción de los costes laborales y del incremento de la competitividad.	Decrecimiento de la actividad constructiva hasta el año 2014, estancamiento durante este año y recuperación en el periodo 2015-2020 (ritmos de incremento de la actividad entre un 7% y un 10% anual).

Tabla 7: Definición de los escenarios de pronóstico.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

## 6.2. Previsiones de generación de residuos en cada uno de los escenarios.

En este apartado se muestra un resumen de las previsiones de generación de residuos que tiene lugar en cada uno de los escenarios definidos anteriormente durante el periodo 2013-2020 (Tabla 8).

ESCENARIO	Residuos (millones de toneladas)	Origen industrial (millones de toneladas)	Origen municipal (millones de toneladas)	Construcción (millones de toneladas)
Tendencial	7.16	39,00% (27.92 t)	43,00% (30.78 t)	18,00% (12.88 t)
A	73.4	41,00% (30.09 t)	41,00% (30.09 t)	17,00% (12.47 t)
B	82	41,00% (33.62 t)	39,00% (31.98 t)	19,00% (15.58 t)
C	91	44,00% (40.04 t)	37,00% (33.67 t)	19,00% (17.29 t)

Tabla 8: Resumen previsión generación de residuos.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

Para conocer con mayor detalle la evolución de la generación de residuos, el PRECAT20 ofrece una gráfica por cada escenario en la cual se observa la cantidad de residuos generados año a año y clasificados según origen.

### 6.2.1. Escenario tendencial

Lo que se muestra en la Figura 26 es un descenso progresivo de la generación de residuos en Cataluña con respecto al año 2013. En el año 2020 se generaría un 9,7% menos residuos que en el año 2013.



Figura 26: Evolución de la generación de residuos según el escenario tendencial.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

### 6.2.2. Escenario A

En este escenario (Figura 27), la previsión de generación de residuos en el año 2020 sigue siendo menor que la que se dio en el año 2013. En concreto, se generaría un 3,8% menos de residuos.

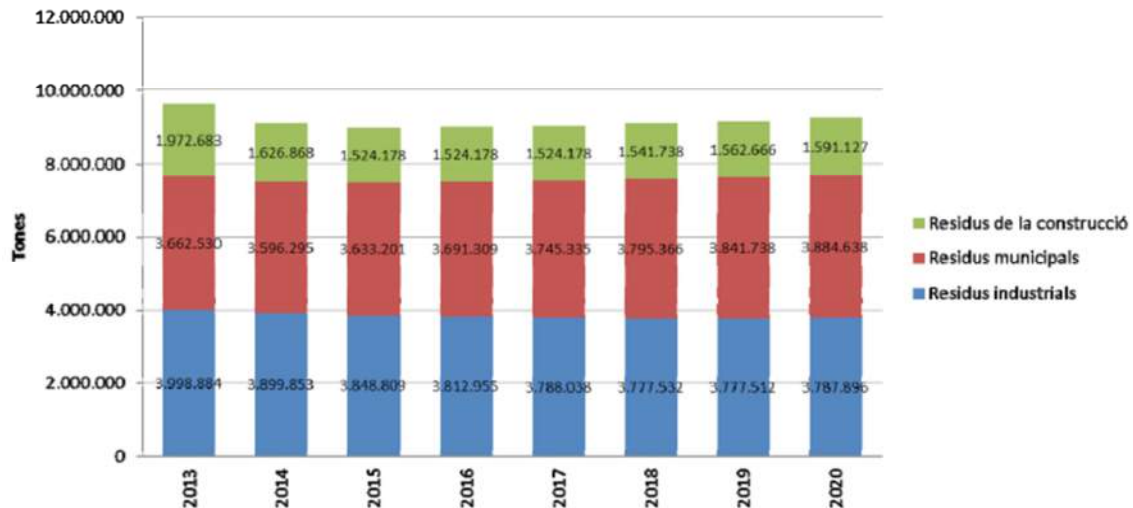


Figura 27: Evolución de la generación de residuos según el escenario A.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

### 6.2.3. Escenario B

En este escenario (Figura 28) se observa un crecimiento de la generación de residuos en el año 2020 con respecto al 2013. En concreto, un 9,1% más de residuos.

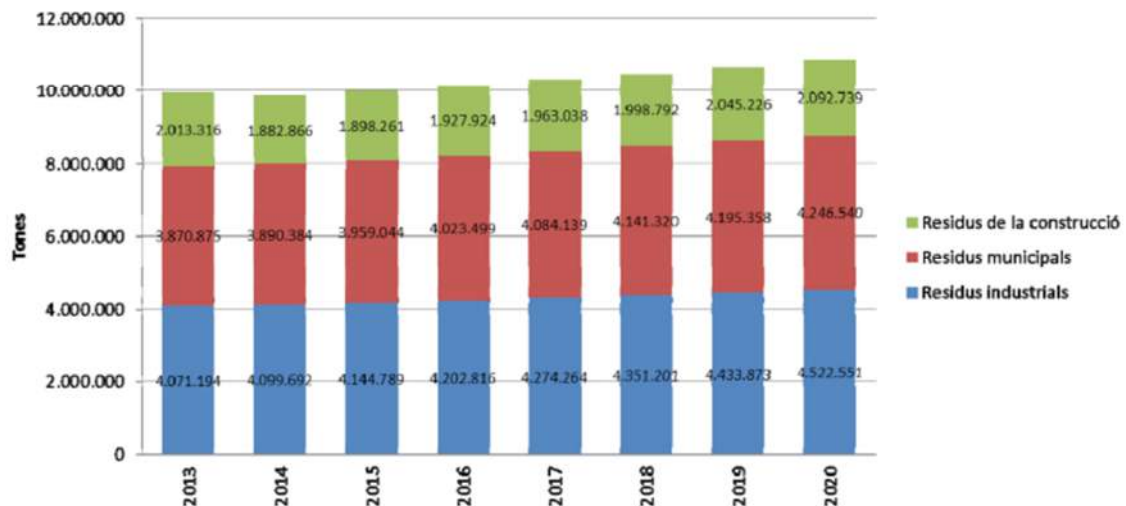


Figura 28: Evolución de la generación de residuos según el escenario B.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

#### 6.2.4. Escenario C

Es el escenario menos favorable (Figura 29) ya que en el año 2020 se producirían un 28% más de residuos que en el año 2013.

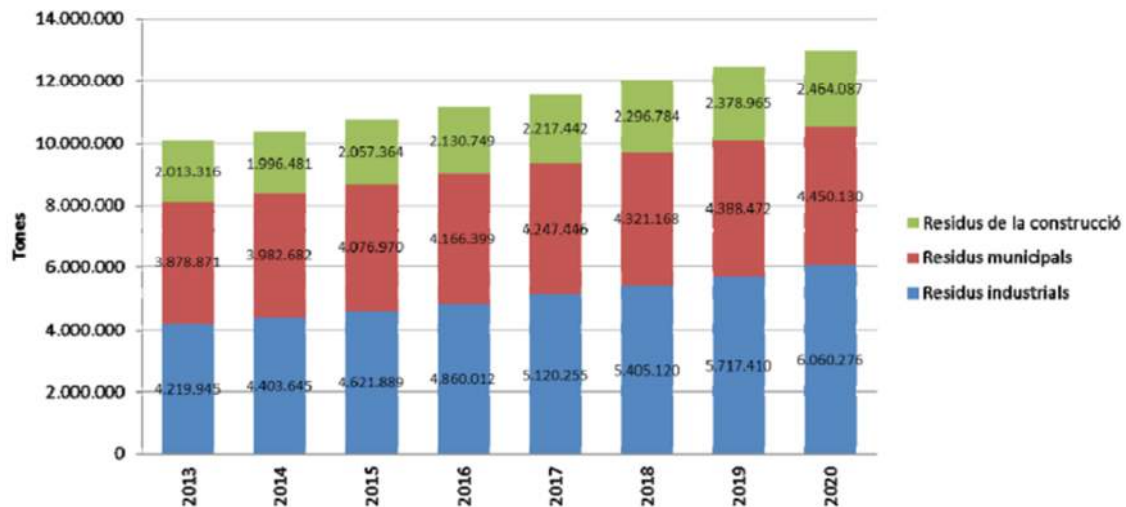


Figura 29: Evolución de la generación de residuos según el escenario C.

Fuente: Agencia de Residuos de Cataluña.

#### 6.3. Resumen PRECAT20

Como ya se ha dicho, los recursos son un elemento fundamental para el desarrollo de la especie humana.

En la actualidad, el consumo de recursos en Cataluña es superior a la disponibilidad del territorio y, aunque las mejoras en las técnicas de extracción hayan pospuesto los efectos negativos del agotamiento, esta solución no puede prolongarse de manera indefinida en el tiempo.

Según datos obtenidos del Programa General de Prevención y Gestión de Residuos y Recursos de Cataluña PRECAT 20, en la actualidad, algunas de las materias primas utilizadas en el sector industrial y, una vez transformadas, en el sector de la construcción entre otros, han de ser importadas de otros territorios para satisfacer la demanda.

Esta situación podría verse reducida o incluso eliminada si se realizara una correcta gestión de los residuos generados en Cataluña, tal y como muestra la Tabla 1, se podría suplir un porcentaje del consumo de recursos a través de la recuperación de los residuos generados en el propio territorio. En concreto, en el sector de la construcción el porcentaje máximo sería del 12% mientras que en la industria de los metales, el porcentaje máximo que se podría suplir sería del 112%; es decir, no sería necesaria la importación de recursos para este sector.

En vista a estos datos, es evidente la necesidad de realizar una correcta gestión de los residuos, tal y como establecen los nuevos planes de gestión de residuos como el PRECAT20.

Los anteriores programas que regían la gestión de los residuos en Cataluña realizaban la clasificación de éstos en función del tipo de origen, lo cual, dificultaba el aprovechamiento de los residuos.

El PRECAT20 ha evolucionado y se basa en los flujos materiales de residuos, entendiendo éstos como recursos, lo que facilita su gestión.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es analizar los flujos de materiales que se dan en la estructura de la Facultad de Derecho y Economía de la Universidad de Lleida. Para ello, es necesario realizar un estudio que comprende desde el análisis de los materiales que componen dicha estructura y su naturaleza, hasta los posibles destinos finales que tienen éstos una vez se haya terminado la vida útil del edificio.

Cabe destacar que, en este proyecto no se pretende averiguar en qué cantidad o en qué porcentaje puede reaprovecharse un residuo resultante de una demolición, ni cuál es la cantidad de residuos que pueden recuperarse para una posterior valorización. Lo que en este trabajo se pretende es analizar, teniendo en cuenta las posibilidades que ofrece cada material y la normativa vigente en gestión de residuos, cuales son las posibles salidas de cada residuo tras la demolición del edificio.



## CAPÍTULO 7

### MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA ESTRUCTURA

Para la obtención de los materiales, productos o sustancias empleados en la estructura del edificio, se ha utilizado el Cuadro de precios N°1 del proyecto ejecutivo del edificio, en concreto, el que hace referencia a la estructura.

Además, para la cuantificación de los materiales que intervienen en la estructura, sólo se tienen en cuenta aquellos que permanecen hasta el momento de su derribo; es decir, no se han contabilizado materiales como los empleados en el embalaje.

En este contexto, se establecen cinco grupos que son: hormigón pobre, hormigón estructural, obra de fábrica, acero y grava (50-70 mm).

Cada uno de estos grupos está compuesto por distintos materiales tal y como se observa en la Tabla 9.

PRODUCTO	MATERIAL	CANTIDAD
HORMIGÓN POBRE	Arena	635,9 t
	Árido (máx. 20 mm)	689,4 t
	Cemento	223,3 t
HORMIGÓN ESTRUCTURAL	Arena	1235,3 t kg
	Árido(máx. 20 mm)	2460,3 t
	Cemento	777 t
OBRA DE FÁBRICA	Arcilla	1,6 t
	Arena	0,49 t
	Cemento	0,12 t
ACERO	Acero	187,8 t
GRAVA (50-70 mm)	Grava (50-70 mm)	8,5 t

Tabla 9: Materiales que intervienen en la estructura y cantidades parciales.

Siguiendo la línea de trabajo de los nuevos modelos de gestión de residuos, en la que los materiales se agrupan en función de su naturaleza y no de su origen, en la Tabla 10 se muestran las cantidades totales de cada material que forma parte de la estructura del edificio.

MATERIAL	CANTIDAD (t)	CANTIDAD (%)
ACERO	187,8	3.02 %
ARCILLA	1,6	0.03 %
ARENA	1871,7	30.09 %
ÁRIDO (20 mm)	3150	50.64 %
CEMENTO	1000	16.08 %
GRAVA (50-70 mm)	8,5	0.14 %
<b>TOTAL</b>	<b>6220</b>	<b>100 %</b>

Tabla 10: Materiales que intervienen en la estructura y cantidades totales.

Para una información más detallada acerca de las cantidades de cada material, ver

## ANEXO 1

### 7.1. Naturaleza de los materiales que intervienen en la estructura

En el presente capítulo se analizan los recursos utilizados y su naturaleza, para la fabricación de los materiales o productos descritos anteriormente.

Con este análisis se pretende conocer cada material o producto desde su inicio hasta su final y así poder establecer nuevos objetivos y estrategias gracias a una información completa, que permita comparar procesos de fabricación, el empleo de recursos, etc.

#### 7.1.1. Naturaleza del acero

El acero es una aleación de hierro y carbono que se elabora a partir de dos materias primas fundamentales como el arrabio y las chatarras férricas. En este trabajo sólo se han tenido en cuenta estos dos recursos como materias primas; pero, no se debe olvidar que en el proceso de fabricación del acero también se añaden otros minerales como el molibdeno, titanio o niobio entre otros con el fin de producir aceros de distintas propiedades.

A parte de la diferencia en la procedencia de las materias primas empleadas, la obtención de acero a partir de una u otra se distingue por el tipo de proceso de fabricación.

Para fabricar acero a partir de arrabio se utiliza la siderúrgica integral, mientras que para la fabricación de acero a partir de chatarra férrica como materia prima se emplea el horno de arco eléctrico.

En líneas generales, la chatarra de metales ferrosos procede de tres grandes fuentes de origen:

- Generada en la fábrica, refinería o fundición (Chatarra propia).
- Procedente de recortes de una planta de productos elaborados con metales (Chatarra industrial).
- Procedente de productos que han cumplido su vida útil y se desechan (Chatarra obsoleta).

La siderúrgica integral en España surgió a principios del siglo XX, próxima a las cuencas carboníferas del noroeste peninsular.

Durante la primera mitad del siglo XX la industria siderúrgica española vivió un continuo crecimiento; pero, a partir de mediados de la década de los setenta, hubo una crisis siderúrgica y económica en todas las economías de los países industrializados que tuvo efectos negativos de arrastre sobre la economía española.

Durante las décadas posteriores, la siderúrgica española siguió con la misma dinámica.

Es a mediados de la década de los noventa cuando gracias a un plan de competitividad se rediseñó la industria siderúrgica en varios aspectos, entre ellos los procesos de fabricación.

Tras el proceso de reconversión industrial de la siderurgia se abandonó la vía del alto horno y se apostó por la obtención de acero a través de horno eléctrico.

Inicialmente, la acería de horno eléctrico se utilizaba para la fabricación de aceros especiales, pero actualmente, con este proceso de alta eficiencia, basado en el reciclaje masivo de chatarra, se puede fabricar prácticamente cualquier tipo de acero [5].

No se sabe con certeza cuál fue el proceso exacto de fabricación del acero utilizado en esta obra. Dado que fue una obra proyectada y construida entre finales de los años noventa y principios de los dos mil, se estima que su producción se realizó en altos hornos.

La producción de acero en altos hornos se realiza básicamente a partir de mineral de hierro, pero también se utiliza entre un 20-30 % de chatarra férrica con el fin de controlar la temperatura del proceso.

En este sentido, se ha considerado que el acero utilizado en la estructura del edificio está compuesto en un 80% por mineral de hierro y en un 20% por chatarra férrica.

### **7.1.2. Naturaleza de la arcilla**

La fabricación y empleo de ladrillos se remonta a hace ya 9000 años, cuando se impulsó la construcción de las antiguas Mesopotamia y Palestina. Este producto supuso el principal elemento de construcción. Zigurats, palacios y ciudades amuralladas fueron construidas con ladrillos secados al sol, recubiertos con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes. [6]

Distintas culturas de distintas épocas, optaron por utilizar el ladrillo como base de algunas de sus más importantes obras arquitectónicas.

Fue en la Península Ibérica donde, por influencia musulmana, el uso del ladrillo alcanzó más difusión. Éstos dejaron grandes obras y conocimientos para el tratado de las arcillas y así obtener los distintos materiales con los que edificar.

Con la llegada de la revolución industrial y el desarrollo de la técnica, el ladrillo se incorporó a las instalaciones fabriles para ser producido en mayores cantidades y poder atender la creciente demanda. [6]

En los últimos años el proceso de fabricación industrial de los productos cerámicos ha evolucionado considerablemente.

El proceso contempla las siguientes fases:

- Extracción de la materia prima.
- Molienda.
- Amasado.
- Moldeo.
- Cortar y apilar.
- Cocción.
- Almacenamiento.

En cuanto a la naturaleza de la materia prima empleada, es necesario retornar al proceso de cocción.

Se entiende por cocción el proceso físico-químico de calentamiento de las piezas crudas moldeadas, seguido de un enfriamiento.

La cocción constituye la etapa más importante del proceso de fabricación, ya que en esta fase se pone de manifiesto si las etapas anteriores se han realizado correctamente y si el producto cocido ha adquirido las propiedades y características deseadas.

Es esta modificación irreversible de la estructura química y cristalina la que impide la reutilización de arcilla, una vez cocida, como materia prima. Por lo tanto, la materia prima para la fabricación de los productos cerámicos implicados en la estructura de este edificio proviene de arcilla extraída de las canteras.

### **7.1.3. Naturaleza de la arena**

La arena puede formar parte del hormigón o bien, del mortero utilizado en la estructura cerámica.

En el caso del hormigón, la arena es el árido de mayor responsabilidad.

Las mejores arenas son las de río, ya que, salvo raras excepciones, son cuarzo puro, por lo que no hay que preocuparse acerca de su resistencia y durabilidad. [6]

Otras fuentes son las arenas de mar o las arenas de mina, aunque precisen de tratamientos previos para eliminar la sal o el exceso de arcillas en aquellas que provienen de las minas.

Las arenas provenientes del machaqueo de granitos, basaltos o rocas de las mismas características son también excelentes, mientras se trate de rocas sanas que no sufran principios de descomposición. [6]

Por lo tanto, se establece que la arena proviene de canteras en su totalidad.

#### 7.1.4. Naturaleza del árido

Tal y como especifica el Cuadro de Precios N°1 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), otro de los componentes del hormigón es el árido.

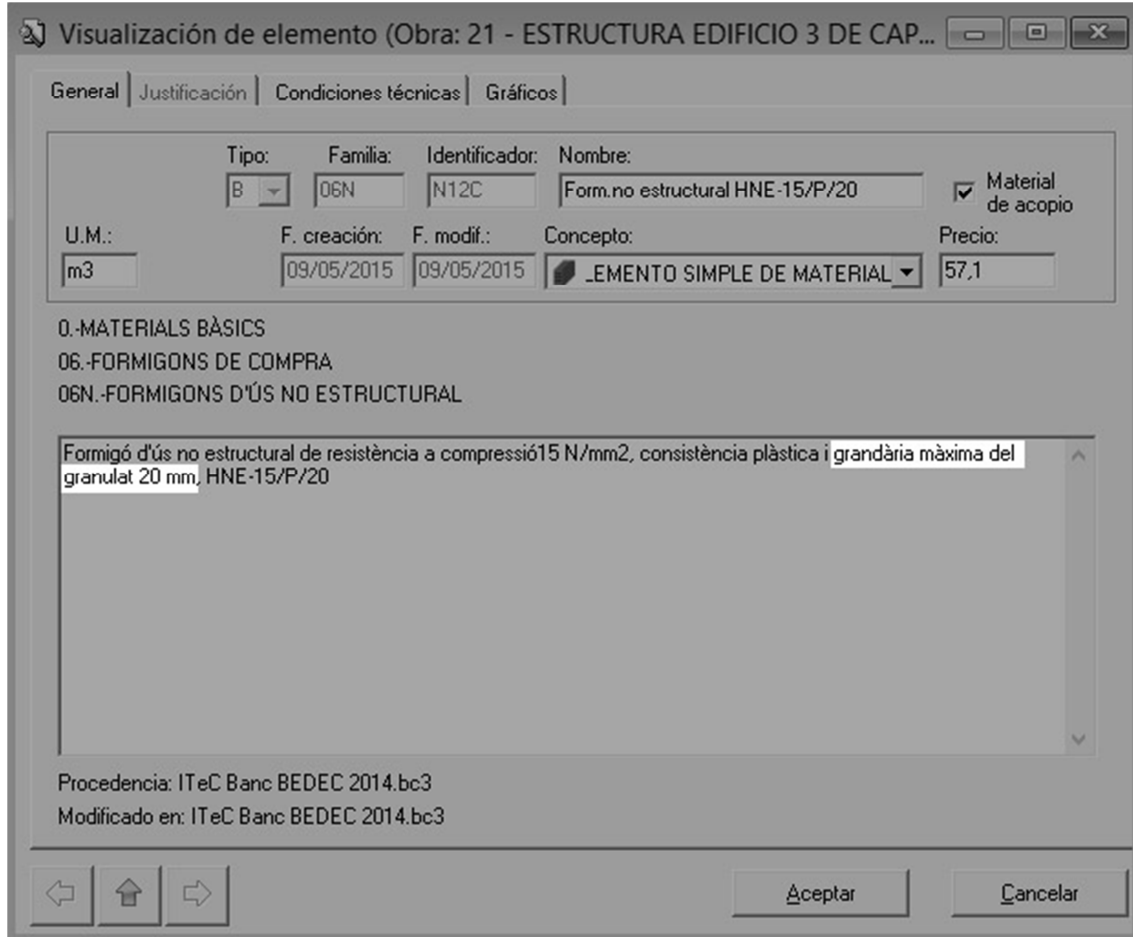


Figura 30: Composición del hormigón.

Dado que no se conocen más datos acerca de la procedencia del árido, se realiza un análisis de la normativa que regía en el momento de la proyección del edificio. En este sentido, la norma UNE 146120:1997 era la encargada de establecer las especificaciones de áridos para hormigones.

Esta norma tenía por objeto establecer las definiciones, clasificaciones y especificaciones técnicas para los áridos naturales, para uso en hormigones en masa, armados, pretensados o postensados, utilizados en carreteras y pavimentos, y en prefabricados de hormigón. [6]

Árido es aquel material granular utilizado en la construcción y que por su origen puede ser natural, artificial o reciclado.

El árido natural es aquel que procede de yacimientos naturales como canteras o graveras y, que no ha estado sujeto más que a procesos mecánicos para su fabricación. [6]

El árido artificial es el resultante de un proceso industrial que supone una modificación físico-química (térmica u otra). [6]

El árido reciclado es el resultante del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción. [6]

. Según el origen de los residuos, pueden diferenciarse áridos reciclados de hormigón, áridos reciclados procedentes de residuos cerámicos y áridos reciclados mixtos; es decir, residuos de distinta naturaleza.

Por lo tanto, se establecen dos posibles orígenes para los áridos empleados tanto en el hormigón pobre como en el hormigón armado: áridos extraídos de las canteras o graveras y áridos procedentes de los residuos de la construcción y la demolición.

El empleo de árido reciclado no es nuevo. A consecuencia de la II Guerra Mundial se produjeron una gran cantidad de desechos de las estructuras de hormigón empleadas en los procesos de reconstrucción, es por ello que, a comienzos de los años 60 se empezaron a utilizar áridos reciclados.

Sin embargo, en España, no sería hasta la década de los 80 cuando se empezara a abordarse el estudio de los áridos reciclados y sus aplicaciones; pero, es en los años 90 y, sobre todo, a partir del año dos mil cuando se impulsa con más fuerza el estudio acerca del reciclaje de áridos y sus utilidades.

TRABAJO	RESULTADOS OBTENIDOS
<p>Estudio de la durabilidad del hormigón con árido reciclado en su aplicación como hormigón armado. Tesis doctoral (1996).</p> <p>Autor: Marilda Barra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La utilización de estos áridos puede quedar limitada debido a la mayor absorción que presentan.</li> <li>El consumo de cemento para mantener la resistencia aumenta entre un 7,2% para resistencias más bajas y un 17,3% para más altas.</li> <li>La mayor porosidad del árido influye negativamente en la carbonatación del hormigón.</li> <li>El módulo elástico de los hormigones reciclados estudiados es un 20% inferior a los de control.</li> </ul>
<p>Caracterización de residuos de construcción y demoliciones de la comunidad de Madrid como áridos reciclados para la fabricación de hormigones. Tesis doctoral (2001).</p> <p>Autor: José Luis Parra y Alfaro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es conveniente, para la obtención de buenos resultados en los hormigones reciclados, no superar sustituciones del árido grueso del 50%.</li> <li>Debido a los elevados valores de la absorción de agua se sugiere la saturación previa a la preparación del hormigón para garantizar su trabajabilidad.</li> <li>La penetración de agua es similar a la de los hormigones convencionales.</li> </ul>
<p>Comportamiento tenso-deformación instantáneo y diferido de hormigón con árido reciclado. Tesis doctoral (2002).</p> <p>Autor: José Manuel Gómez Soberón</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es conveniente, para la obtención de buenos resultados en los hormigones reciclados, no superar sustituciones del árido grueso del 50%.</li> <li>Debido a los elevados valores de la absorción de agua se sugiere la saturación previa a la preparación del hormigón para garantizar su trabajabilidad.</li> <li>La penetración de agua es similar a la de los hormigones convencionales.</li> </ul>

<p>Hormigones con áridos reciclados procedentes de demoliciones: dosificaciones, propiedades mecánicas y comportamiento estructural a cortante. Tesis doctoral (2002).</p> <p>Autor: Belén González Fonteboa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La absorción de los áridos reciclados es superior a los convencionales.</li> <li>• Sustituciones del árido grueso por árido reciclado proporcionan hormigones reciclados estructurales adecuados.</li> <li>• Para conseguir la trabajabilidad adecuada en los hormigones reciclados estudiados se aumenta la cantidad de agua por lo que para mantener la misma relación a/c aumenta el consumo de cemento.</li> <li>• El módulo de elasticidad disminuye en los hormigones reciclados.</li> </ul>
<p>Diseño de nuevos materiales procedentes del reciclaje de escombros de construcción y demolición. Residuos urbanos de edificación y Residuos aglomerados hidráulicos asfálticos. Tesis doctoral (2003).</p> <p>Autor: Francisco Gilbert</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización de árido reciclado debe restringirse a la fracción gruesa.</li> <li>• La dosificación del hormigón se realiza de manera similar a la de un hormigón convencional.</li> <li>• Un porcentaje máximo del 20% de sustitución del árido grueso por árido reciclado grueso no provoca caídas en los valores de la resistencia a compresión del hormigón.</li> <li>• Establece el 7% como límite de la absorción en los áridos reciclados.</li> <li>• Establece coeficientes correctores para la resistencia a compresión del hormigón cuando la sustitución del árido reciclado alcanza valores del 50% y del 100%. Dichos coeficientes son 0,90 y 0,85 respectivamente.</li> </ul>
<p>Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural. Tesis doctoral (2004)</p> <p>Autor: Marta Sánchez de Juan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del árido reciclado depende de la cantidad de mortero adherido y en menor medida de la resistencia del hormigón original.</li> <li>• La utilización de árido reciclado debe restringirse a la fracción gruesa.</li> <li>• La dosificación del hormigón es similar a la de un hormigón convencional.</li> <li>• Un porcentaje máximo del 20% de sustitución del árido grueso por árido reciclado grueso no provoca caídas en los valores de resistencia a compresión del hormigón.</li> <li>• Establece el 7% como límite de la absorción en los áridos reciclados.</li> <li>• Establece coeficientes correctores para la resistencia a compresión del hormigón cuando la sustitución del árido reciclado alcanza valores del 50% y del 100%. Dichos coeficientes son 0,90 y 0,85 respectivamente.</li> </ul>

Tabla 11: Estudio sobre áridos reciclados llevados a cabo en España.

Fuente: [8]

Otro estudio de interés es el que llevaron a cabo dos gestoras de vertederos de residuos de la construcción (inertes) en la provincia de Barcelona.

GRB (Gestora de Runes del Bages) y GMR (Gestora Metropolitana de Runes) son dos empresas dedicadas al reciclaje y valorización de residuos de la construcción que con motivo de dar cumplimiento al Programa de gestión de Residuos de la Construcción de Cataluña (2001-

2006) y del incremento incesante de las toneladas de residuos gestionadas y de la falta de árido, las dos empresas adquirieron entre los años 2002 y 2003, maquinaria que les permitiera aprovechar todos aquellos materiales susceptibles de ser reciclados como áridos para la construcción.

En su artículo reflejan los distintos pasos que siguieron, desde la estrategia comercial a seguir, el inicio de la comercialización y finalmente las conclusiones de la experiencia (Figura 31).



Comprador	60	14,2,0 %
Potencial alto	48	11,3 %
Potencial medio	108	25,5 %
Descartado	114	26,9 %
No contesta	94	22,2 %
Total Llamadas	424	100 %

Figura 31: Interés en árido reciclado según llamadas realizadas (Dic. 2003)

Fuente: Gestora de Runes del Bages.

Tras este estudio, GRB y GMR elaboraron una serie de conclusiones entre las que destaca:

*"Temor al reciclado. La palabra reciclado infunde incerteza. Se trata de un material nuevo, por tanto, desconocido".*

Tras el análisis del artículo técnico realizado por las empresas GRB y GMR y los estudios sobre áridos reciclados llevados a cabo en España, se denota que en el momento de la construcción del edificio de la Facultad de Derecho y Economía, tanto el conocimiento del uso de áridos reciclados como el empleo de éstos eran bajos. En este sentido, se concluye que la procedencia de los áridos destinados a la elaboración del hormigón pobre y estructural es de yacimientos naturales.

#### 7.1.5. Naturaleza del cemento

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente dividido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. [9]

- El proceso de fabricación del cemento contempla las siguientes fases:
- Extracción de materias primas.



- Trituración.
- Pre-homogenización.
- Almacenamiento materias primas.
- Molienda de materia prima.
- Homogenización de arena cruda.
- Calcinación.
- Molienda de cemento.
- Almacenamiento y envasado.

Según establece la norma UNE 80301:1996, vigente durante la construcción de la facultad, hay cinco tipos principales de cementos:

- I Cemento Portland.
- II Cementos Portland compuestos.
- III Cementos de horno alto.
- IV Cementos puzolánicos.
- V Cemento compuesto.

Por lo tanto, la composición del cemento está sujeta al tipo al que pertenezca.

En este sentido, la UNE 80301:1996 establece varios tipos de componentes:

- Clínter de cemento Portland (K).
- Escoria granulada de horno alto (S).
- Puzolana natural (P).
- Ceniza volante (V).
- Caliza (L).
- Humo de sílice (D).
- Fíller (F).
- Sulfato de calcio.
- Aditivos.

Ante la falta de información en cuanto al cemento empleado para la fabricación de hormigón pobre (Figura 32) como para hormigón estructural (Figura 33), se establece que la materia prima para la fabricación del cemento se limita a la piedra caliza y a las arcillas extraídas de las canteras.

Visualización de elemento (Obra: 21 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP...)

General | Justificación | Condiciones técnicas | Gráficos

Tipo:	Familia:	Identificador:	Nombre:	<input checked="" type="checkbox"/> Material de acopio
B	06N	N12C	Form.no estructural HNE-15/P/20	
U.M.:	F. creación:	F. modif.:	Concepto:	Precio:
m3	09/05/2015	09/05/2015	LEMENTO SIMPLE DE MATERIAL	57,1

0.-MATERIALS BÀSICS  
 06.-FORMIGONS DE COMPRA  
 06N.-FORMIGONS D'ÚS NO ESTRUCTURAL

Formigó d'ús no estructural de resistència a compressió 15 N/mm<sup>2</sup>, consistència plàstica i grandària màxima del granulat 20 mm, HNE-15/P/20

Procedencia: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3  
 Modificado en: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3

Figura 32: Características del hormigón pobre.

Visualización de elemento (Obra: 21 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP...)

General | Justificación | Condiciones técnicas | Gráficos

Tipo:	Familia:	Identificador:	Nombre:	<input checked="" type="checkbox"/> Material de acopio
B	065	960C	Formigó HA-25/P/20/IIa, >=275kg/m3 cir	
U.M.:	F. creación:	F. modif.:	Concepto:	Precio:
m3	09/05/2015	10/06/2015	LEMENTO SIMPLE DE MATERIAL	64,51

0.-MATERIALS BÀSICS  
 06.-FORMIGONS DE COMPRA  
 065.-FORMIGONS ESTRUCTURALS PER ARMAR

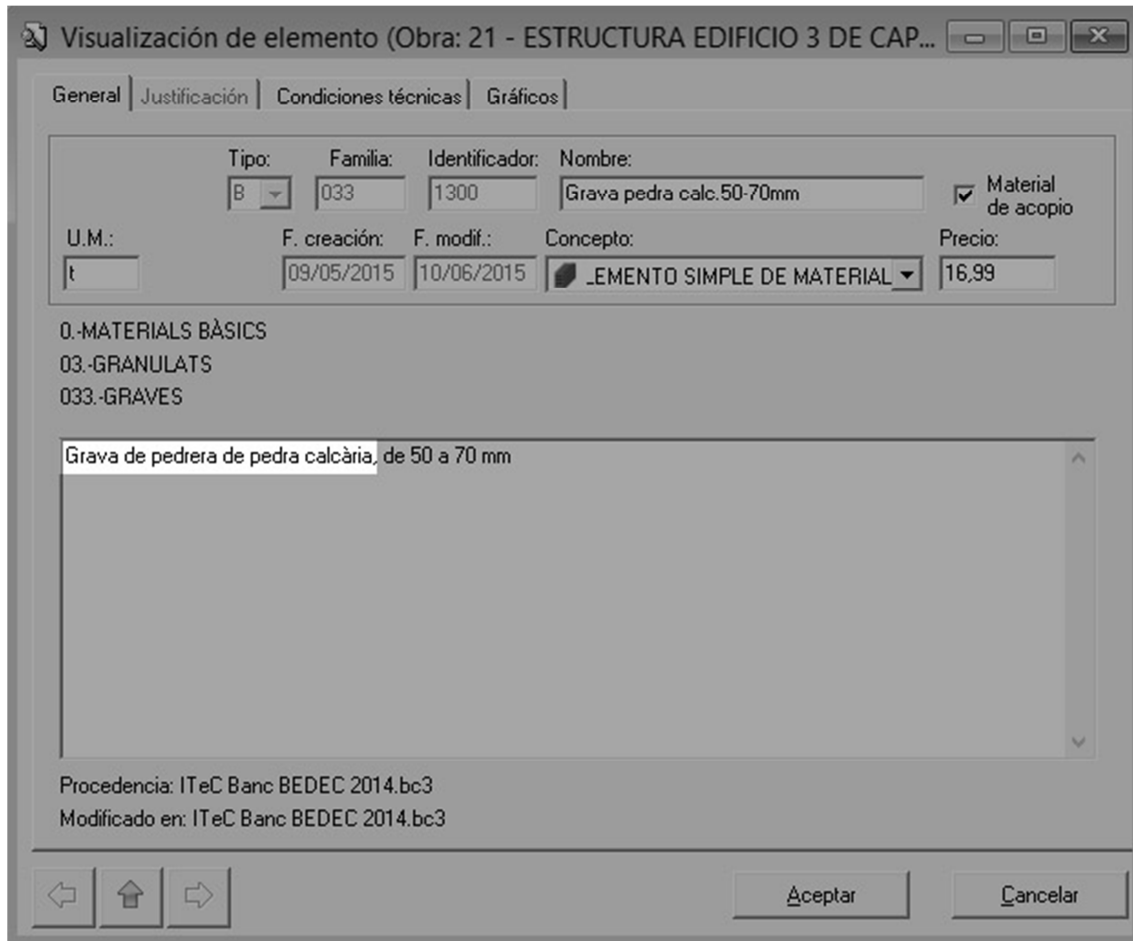
Formigó HA-25/P/20/IIa de consistència plàstica, grandària màxima del granulat 20 mm, amb >= 275 kg/m3 de ciment, apte per a classe d'exposició IIa

Procedencia: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3  
 Modificado en: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3

Figura 33: Características del hormigón estructural.

### 7.1.6. Naturaleza de la grava

La grava empleada como base de la solera tiene origen natural, tal y como indica el Cuadro de Precios N°1 (Figura 34).



Visualización de elemento (Obra: 21 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP...)

General | Justificación | Condiciones técnicas | Gráficos

Tipo: B    Familia: 033    Identificador: 1300    Nombre: Grava pedra calc. 50-70mm    ☒ Material de acopio

U.M.: t    F. creación: 09/05/2015    F. modif.: 10/06/2015    Concepto: ELEMENTO SIMPLE DE MATERIAL    Precio: 16.99

0.-MATERIALS BÀSICS  
 03.-GRANULATS  
 033.-GRAVES

Grava de pedrera de pedra calcària, de 50 a 70 mm

Procedencia: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3  
 Modificado en: ITeC Banc BEDEC 2014.bc3

← ↑ →    Aceptar    Cancelar

Figura 34: Naturaleza de la grava (50-70 mm).

## CAPÍTULO 8

### RESIDUOS PROCEDENTES DE LA ESTRUCTURA

En este capítulo no se pretende saber cuál es el porcentaje de recuperación de residuos tras la demolición, sino seguir estudiando el recorrido de cada material, cumplir con la jerarquía de gestión de residuos establecida por la Agencia de Residuos de Cataluña y establecer los posibles fines de cada residuo y así poder reintroducirlos en la sociedad y en la economía circular.

#### 8.1. Clasificación de los residuos

Una vez nombrados los principales objetivos, se procede a la definición de los residuos que podrían generarse tras una demolición del edificio (Tabla 12).

Para ello, se utiliza la Lista Europea de Residuos (LER), en cuyo decimoséptimo capítulo se abordan los residuos de la construcción y la demolición, junto con los materiales empleados en la construcción de la estructura del edificio.

		RESIDUO	CÓDIGO LER
Arena	Hormigón pobre Y Hormigón estructural	Hormigón	17 01 01
Cemento			
Grava			
Arcilla	Obra de Fábrica	Ladrillos	17 01 02
Arena			
Cemento			
Acero	Acero	Hierro y acero	17 04 05
Grava (50-70 mm)	Grava (50-70 mm)	Tierra y piedras que no contienen sustancias peligrosas	17 05 04

Tabla 12: Clasificación de los residuos.

RESIDUO	CANTIDAD (Kg)	CANTIDAD (%)
HORMIGÓN	6021546.27	96.8
LADRILLO	2192.80	0.04
ACERO	187833.93	3.02
GRAVA (50-70 mm)	8489.26	0.14
<b>TOTAL</b>	<b>6220062.26</b>	<b>100 %</b>

Tabla 13: Cantidad total de residuos y porcentajes.

## 8.2. Gestión de los residuos

Tal y como establece la normativa vigente, la gestión de los residuos generados por la demolición de este edificio se debe llevar a cabo siguiendo las pautas establecidas por el Programa General de Prevención y Gestión de Residuos y Recursos de Cataluña (PRECAT20). Entre sus objetivos destaca la lucha contra el cambio climático y otros impactos, potenciar la visión de los residuos como recursos o reducir la generación de residuos. Es por ello que, en uno de sus apartados, establece la jerarquía para la gestión de los residuos, en la que prevalecen la prevención, la reutilización y el reciclaje como tipos de valorización, con el fin de aprovechar las fracciones reutilizables y reintroducirlas en el mercado.

En este sentido, se establece el reciclaje como la valorización a llevar a cabo con los residuos mostrados en la Tabla 12 ya que tanto la prevención como la reutilización, a priori, no son factibles.

### 8.2.1. Instalaciones de gestión

La clasificación en el origen (la misma obra) de los residuos tras la demolición, es uno de los factores que más influye en su destino final. Cuando esta clasificación no es posible llevarla a cabo en el origen, los residuos se trasladan obligatoriamente hacia instalaciones donde se realiza un tratamiento previo y desde donde el residuo puede ser llevado a un gestor autorizado para su valorización.

Cerca de Lleida hay dos instalaciones en servicio y que están preparadas para la gestión de residuos provenientes de la construcción (Figura 35). Una de ellas se encuentra en Montoliu de Lleida (Código Gestor E-1000.07) y la otra en Rosellò (Código Gestor E-1109.09).



Figura 35: Instalaciones en funcionamiento en Cataluña.

Fuente: Gestora de Runes de la Construcció, S.A.

#### 8.2.1.1. Planta de reciclaje en Roselló

Constituida en el año 1995, no sería hasta el año 2008 cuando esta empresa se dedicaría al reciclaje de los residuos procedentes de la construcción (Figura 36).

En la Planta de Reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición se separan los materiales que son valorizables (hormigón, materiales cerámicos y materiales pétreos) de los que son transferibles a otros gestores de residuos autorizados (acero). Una vez realizada la separación, los materiales valorizables se reciclan.



Figura 36: Planta de reciclae de Rosellò.

Fuente: Excavacions Casanovas, S.L.

#### 8.2.1.2. Planta de reciclae en Montoliu de Lleida

En esta planta se diferencian dos zonas de acopio, una para material mixto (Figura 37) y otra para material limpio (Figura 38).



Figura 37: Acopio de material mixto.





Figura 38: Acopio de material limpio.

El acopio de material mixto se somete a una primera clasificación mecánica, tras la cual, restos como plásticos, madera o metales son depositados en contenedores específicos.

Tras esta primera clasificación, los residuos se cargan en un tromel (Figura 39) para el pre cribado de la fracción inferior a 20 mm.



Figura 39: Tromel de clasificación.

La fracción superior continúa dentro del proceso. Ésta se separa de elementos férricos y residuos ligeros mediante un separador magnético (Figura 40) y un separador neumático (Figura 41).



Figura 40: Separador magnético.



Figura 41: Separador neumático.

Finalmente, se procede a una clasificación manual (Figura 42) para retirar residuos improprios como plásticos, madera o metales no férricos.



Figura 42: Cabina de clasificación manual.

Tras este proceso de selección, se obtiene: Todo uno mixto 0/20 (Figura 43) y material cerámico 20/250 (Figura 44).



Figura 43: Todo uno mixto 0/20.



Figura 44: Material cerámico 20/250.

A continuación, tanto el acopio de residuo de hormigón limpio como los materiales obtenidos tras el procesado del residuo mixto, se someten a un proceso de trituración y cribado con el fin de obtener distintas granulometrías.

El residuo de hormigón limpio no necesita proceso de clasificación antes de ser triturado y cribado para obtener diferentes granulometrías.

Finalmente, los productos obtenidos en esta planta de reciclaje se dividen en dos grupos: productos obtenidos del hormigón (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y productos cerámicos (Figura 46).



Figura 45: Arena de hormigón, grava de hormigón 5/15 y grava de hormigón 15/40.



Figura 46: Arena cerámica, grava cerámica 5/15 y grava cerámica 15/40.

### **8.2.2. Reciclaje del hormigón, ladrillo, tierras y piedras**

A diferencia de los procesos productivos de los áridos naturales o artificiales, el reciclaje, requiere la intensificación tanto de las técnicas de clasificación como de limpieza. Lo que se pretende con estos dos procesos es optimizar la homogeneidad del material procesado y reducir el contenido de contaminantes y materiales no pétreos.

El nivel de complejidad de los procesos de reciclaje dependerá tanto de las características del material recibido en la planta, como de los usos a los que se destine el material procesado.

#### **8.2.2.1. Complejidad del proceso**

La condición de residuo de la materia prima del proceso de reciclaje requiere de la intensificación de determinadas etapas en el proceso productivo.

La producción requiere de los siguientes procesos básicos:

- **Control de admisión:** es un factor determinante para conseguir un proceso productivo adecuado y garantizar productos de calidad. Permite la clasificación inicial de la materia prima y garantizar la trazabilidad del material aceptado en planta.

- Clasificación: consiste en la separación mecánica o manual de los elementos considerados contaminantes.
- Reducción de tamaño: proceso mecánico en el que ya se separan diferentes fracciones del material procesado.
- Limpieza: separación más exhaustiva a través del uso de agua o aire, permitiendo también la eliminación de sustancias peligrosas.
- Cribado: separación por usos granulométricos específicos. El cribado otorga las características finales al producto.

#### **8.2.2.2. Características de los áridos reciclados producidos en España**

El Proyecto GEAR (Guía Española de Áridos Reciclados) elaboró un estudio de caracterización de los áridos reciclados en España basado en los datos obtenidos a partir de numerosas plantas participantes e instalaciones colaboradoras durante los años 2009 y 2010.

Este estudio ha comprobado cómo los áridos reciclados (hormigón o mixtos) suelen cumplir con las especificaciones geométricas, físico-mecánicas y, con mayor dificultad, las especificaciones químicas, para la mayoría de usos regulados. Los resultados obtenidos muestran también que los puntos críticos y que hay que controlar con mayor intensidad son el contenido en sulfatos y yeso.

Por otro lado, las características del material de entrada (especialmente cuando el contenido de material de origen pétreo es menor) son uno de los factores de mayor repercusión en la producción de árido reciclado de buena calidad.

#### **8.2.2.3. Productos reciclados disponibles en el mercado**

Según el proyecto GEAR, a partir de los datos de producción facilitados por las plantas para cada producto y referenciados al año 2009, cifran aproximadamente en un 30% la producción española de áridos reciclados de hormigón y en un 72% la producción de áridos reciclados de categoría mixta.

En la Figura 47 se puede observar la oferta de plantas de reciclaje por comunidades autónomas según la composición de los áridos reciclados producidos.



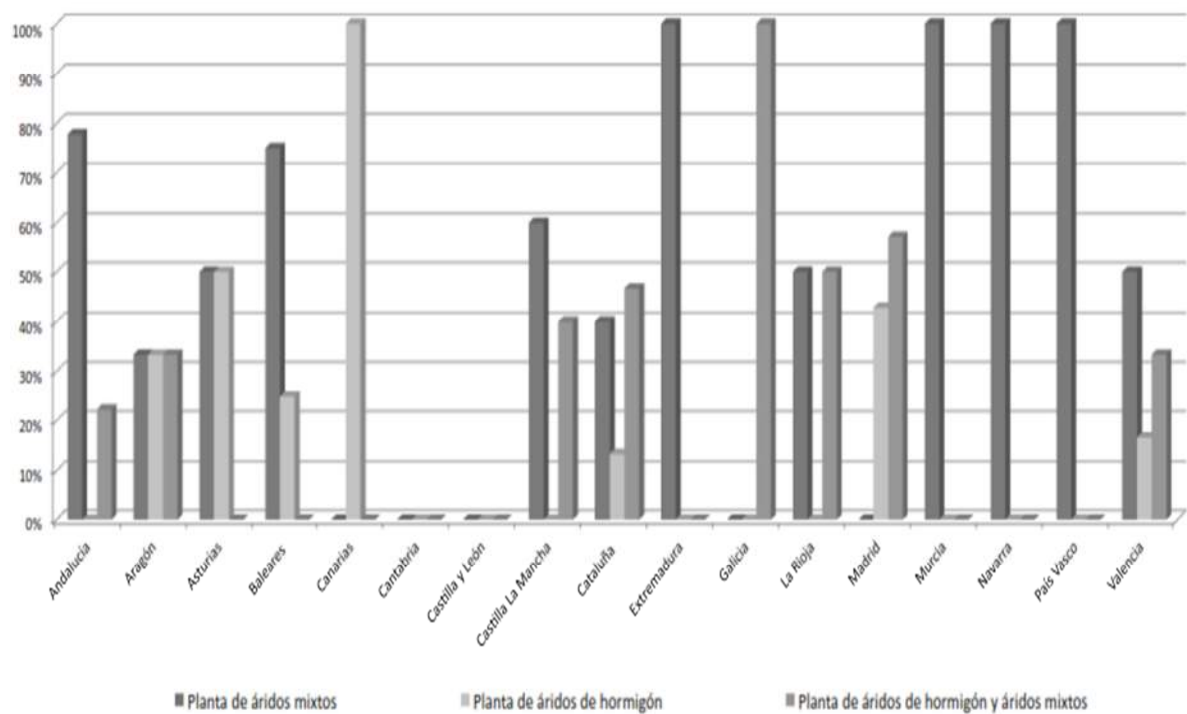


Figura 47: Plantas de reciclaje según situación geográfica y el tipo de árido producido (2009).

Fuente: Guía Española de Áridos Reciclados.

En cuanto a las fracciones de áridos comercializadas, la mayor oferta de árido mixto y árido reciclado de hormigón se da en las fracciones todo uno y en la fracción media (grava o gravilla).

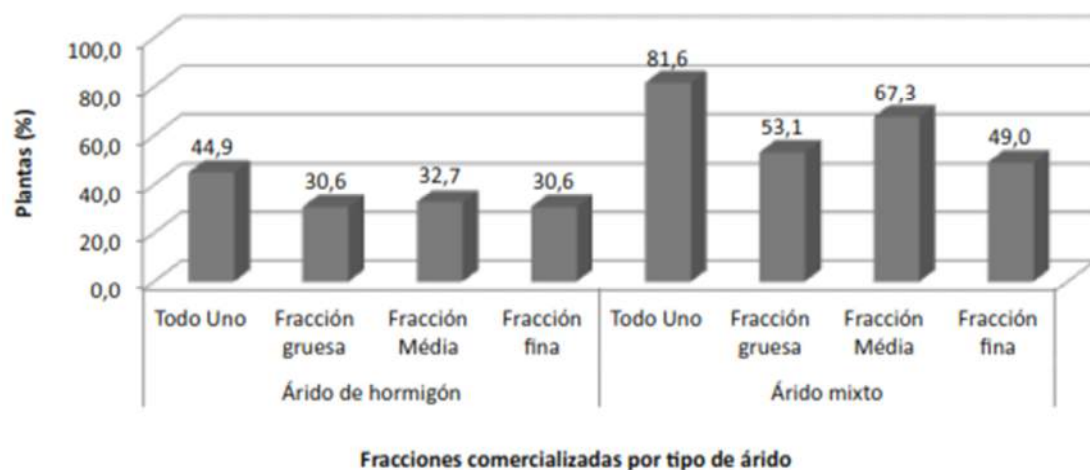


Figura 48: Plantas de reciclaje según la composición y la granulometría de los áridos reciclados que producen (2009).

Fuente: Guía Española de Áridos Reciclados



#### 8.2.2.4. Uso de los áridos reciclados en la actualidad

A continuación (Figura 49 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se muestra la cantidad de áridos comercializados de cada tipo de producto y según el tipo de obra. Los datos corresponden al año 2008.

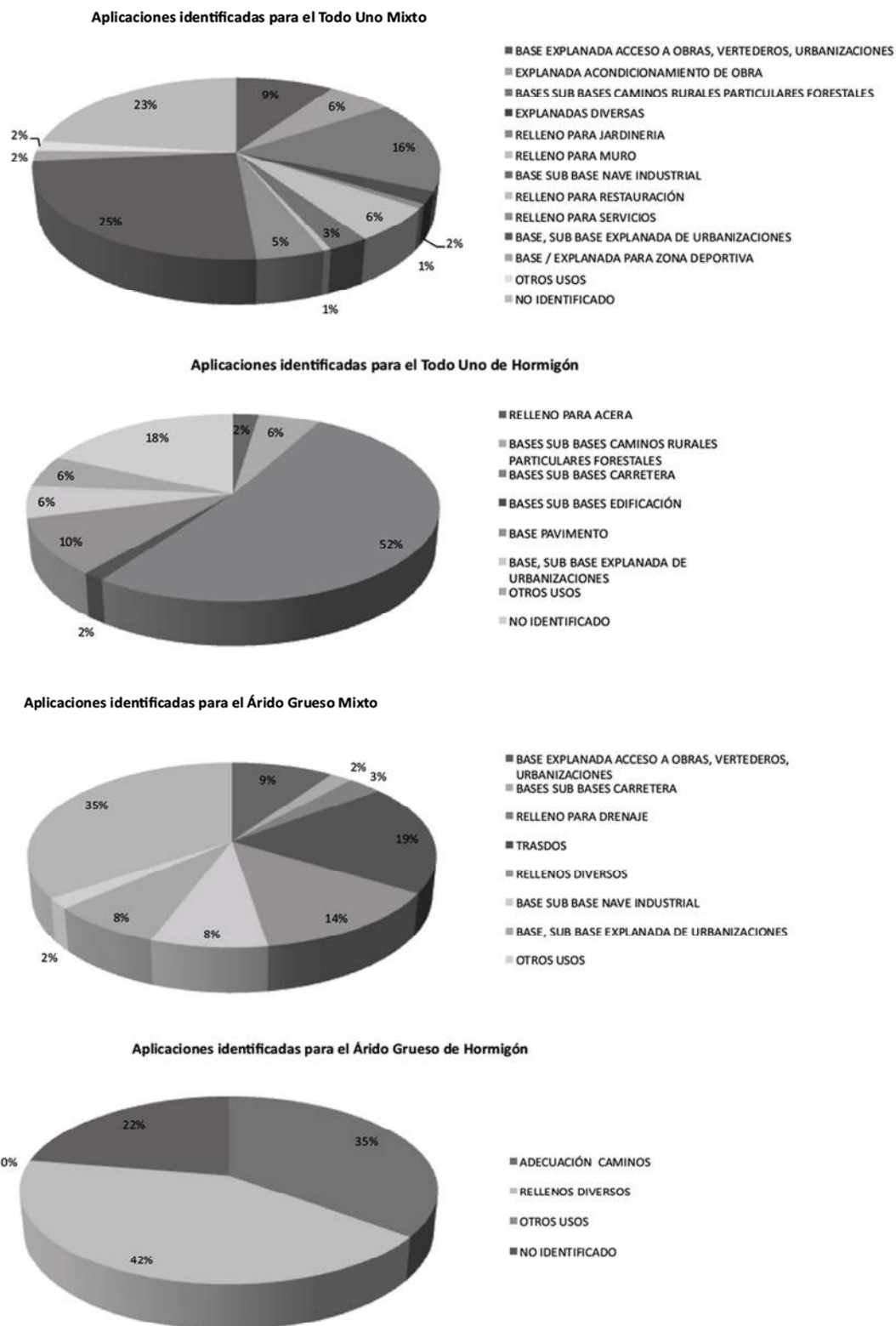


Figura 49: Porcentajes de áridos reciclados comercializados en 2008 según el tipo y la aplicación.

Fuente: Guía Española de Áridos Reciclados.



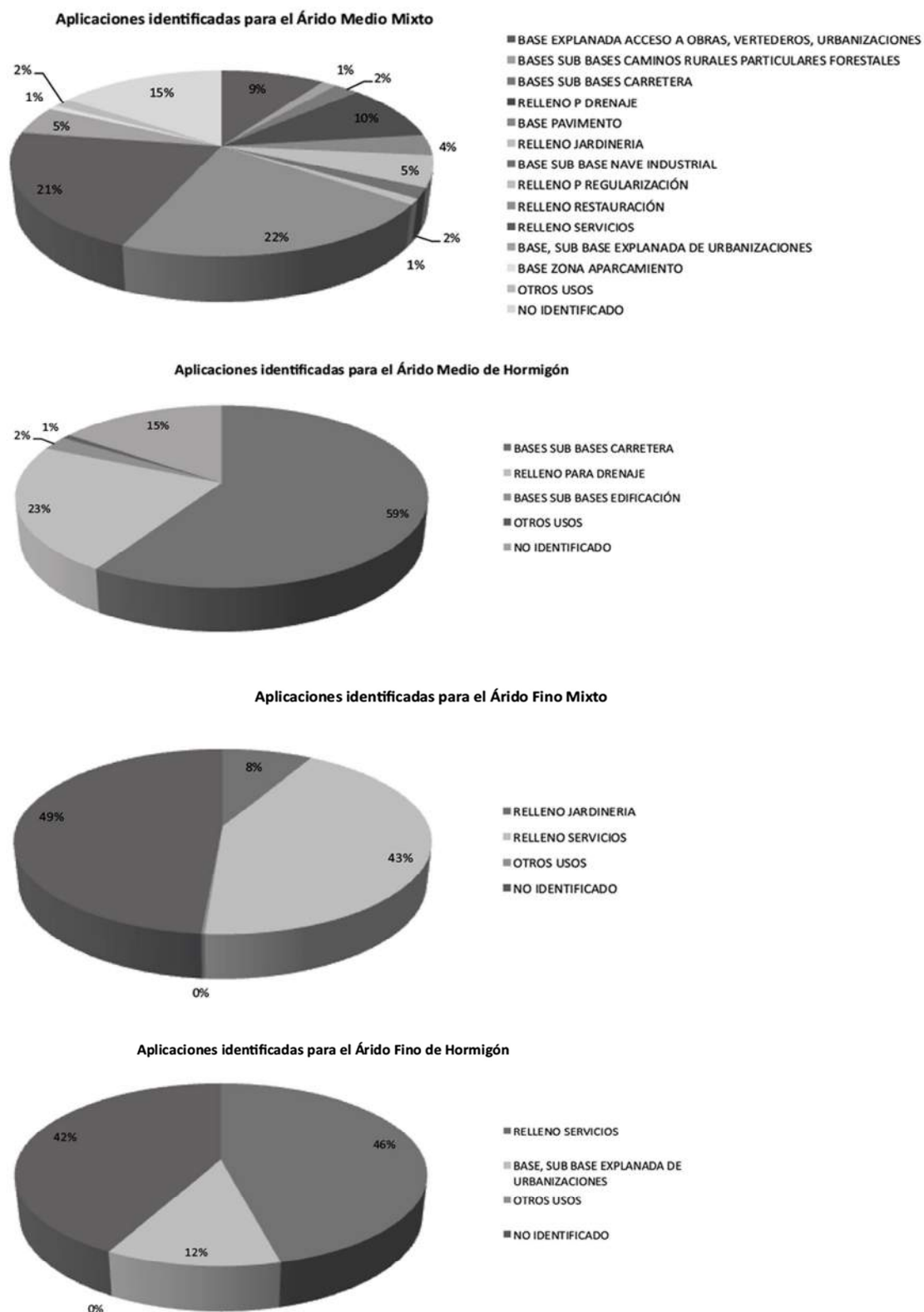


Figura 50: Porcentajes de áridos reciclados comercializados en 2008 según el tipo y la aplicación.

Fuente: Guía Española de Áridos Reciclados.

### 8.2.3. Reciclaje del acero

El acero es un material altamente eficiente. Al final de su ciclo de vida (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*), el acero es cien por cien reciclable si se logra obtenerlo sin ningún tipo de contaminante y puede reciclarse un gran número de veces. Su única limitación en cuanto al rendimiento del reciclado viene determinada por tres factores:

La efectividad del proceso de recuperación de los usos previos.

La efectividad del sistema de recolección y selección.

Las dificultades técnicas del reprocesamiento.

El acero proveniente de los Residuos de la Construcción y la Demolición suele encontrarse con algunos elementos que complican su reciclaje como varillas con hormigón, cercas o tuberías enterradas. Por ello, es necesario remover la presencia de contaminantes antes de ser nuevamente enviado a las acerías.

Una vez prensada la chatarra ferrosa en forma de grandes compactos, es enviada a las acerías, donde el proceso de obtención de nuevos productos siderúrgicos a partir de chatarras férricas se realiza mediante hornos eléctricos.

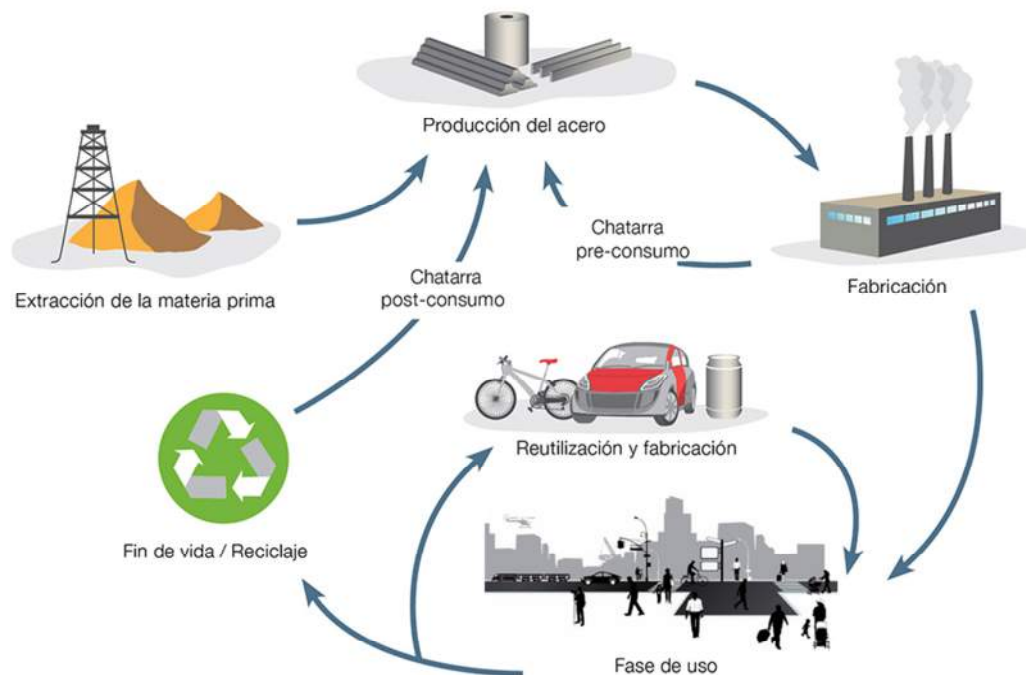


Figura 51: Ciclo de vida del acero.

Fuente: [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org).

## CAPÍTULO 9

### ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES

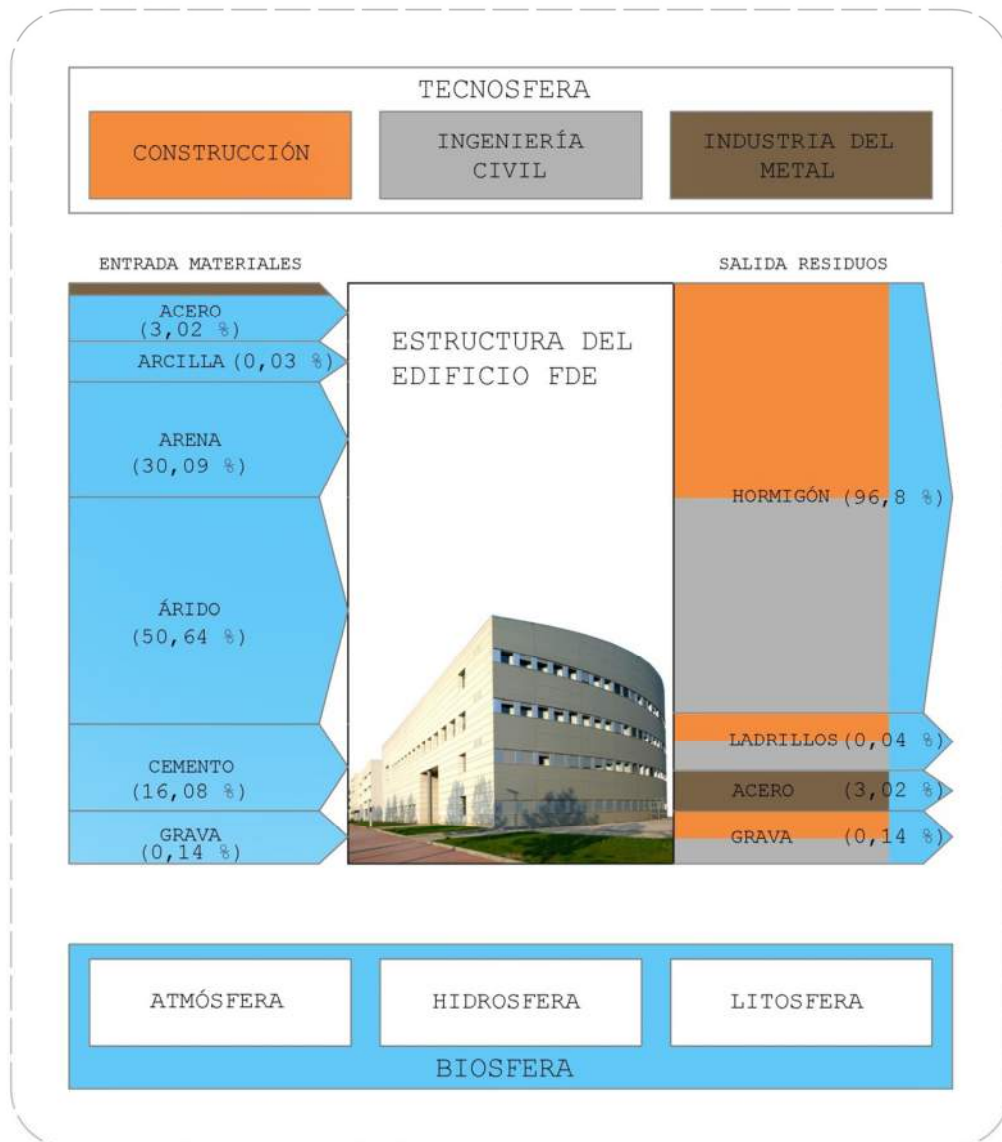


Figura 52: Modelo experimental del flujo de materiales de la Facultad de Derecho y Economía.

Lo que el Análisis del Flujo de Materiales (Figura 52) refleja es que los materiales empleados en la construcción de la estructura provenían en su mayoría de la extracción de recursos naturales, a excepción del acero, que ya estaba constituido por una parte proveniente del reciclado de chatarras férricas.

Por otro lado, los avances técnicos y tecnológicos, además de los requerimientos establecidos por la normativa vigente, muestran un aumento en el aprovechamiento de los residuos para la elaboración de nuevos materiales y que, por lo tanto, disminuirá el empleo de recursos naturales para la elaboración de futuros materiales.

## CONCLUSIONES

Recordar que el objetivo del presente estudio era realizar un Análisis del Flujo de Materiales de la Facultad de Derecho y Economía de la Universidad de Lleida. Comentar también que, para haber realizado una evaluación completa hubiera sido necesario el estudio de más partidas además de la estructura.

Destacar también, que en este trabajo no se han considerado pérdidas de material por lo que las toneladas entrantes de materiales coinciden con las toneladas que salen en forma de residuos.

A continuación se exponen las principales conclusiones del Análisis del Flujo de Materiales:

- El Análisis del Flujo de Materiales revela lo poco que se reciclaban los materiales en el pasado.
- La aplicación del Análisis del Flujo de Materiales abre un abanico de posibilidades a los residuos al ser tratados como recursos.
- El grado de conocimiento sobre cada material permite determinar posibles estrategias de actuación, ya sea en materia de prevención o de gestión de residuos.

## REFERENCIAS

- [1]Informe Cambio Global España 2020/50. Fundación General de la Universidad Complutense de Madrid, 2010, pág. 12.
- [2]Ewing B, Goldfinger S, Oursler A, Reed A, Moore D, Wackernagel M. Ecological Footprint Atlas 2009.
- [3] Brunner P, Rechberger H. Material Flow Analysis. 2003.
- [4]Agencia de Residuos de Cataluña. Programa General de Prevención y Gestión de Residuos y Recursos de Cataluña, 2014, págs. 6, 26, 9, 53,56, 71, 72, 30, 83.
- [5]Informe sobre el reciclaje del acero en la Industria siderúrgica Española. UNESID, 2013.
- [6] hispalyt.es. Madrid: hispalyt.es [ Actualizada 3 de febrero de 2015; acceso 12 de febrero de 2006], Disponible en: <http://www.hispalyt.es>
- [7]Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición, 2011.
- [8]Calderón A, Uso y fomento del árido reciclado en hormigón estructural como oportunidad de mejora medioambiental y económica, 2013.
- [9] Meseguer A, Morán F, Arroyo J. Jiménez Montoya Hormigón Armado, Gustavo Gili, Barcelona, 2009.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer la ayuda de todas las personas que han colaborado en la realización de este proyecto, ya bien sea facilitando información, mostrando opiniones respecto puntos del trabajo o compartiendo conocimientos sin los cuales no podría haber finalizado este proyecto.

Agradecimientos a:

- **Albert Castell:** Profesor de la Udl y uno de los directores de este proyecto, por llevar el seguimiento del proyecto, por su asesoramiento, sus comentarios, explicaciones y correcciones, y por estar siempre disponible a atender todas las consultas realizadas.
- **Lidia Rincón:** Profesora de la Udl y una de los directores de este proyecto, por llevar el seguimiento del proyecto, por su asesoramiento, sus comentarios, explicaciones y correcciones, y por estar siempre disponible a atender todas las consultas realizadas.
- A mi familia y amigos, por su paciencia y apoyo durante todo este proceso.
- A mis padres, por todo su apoyo y cariño.

## ANEXO 1

### 1.1. Determinación de los materiales, sustancias o productos que intervienen en la estructura del edificio

Para la determinación de los materiales, sustancias o productos que intervienen en la estructura del edificio de la Facultad de Derecho y Economía de la Universidad de Lleida se ha empleado el Cuadro de precios N°1 que hace referencia a la estructura.

En este sentido, se obtienen cinco grupos principales: hormigón estructural (Tabla 14: Medición total de hormigón estructural.), hormigón pobre (Tabla 15), obra de fábrica (Tabla 16), acero (Tabla 17) y grava (50-70 mm) (Tabla 18).

A continuación se muestra el desglose de las partidas contabilizadas en cada uno de los cinco grupos.

HORMIGÓN ESTRUCTURAL	
CÓDIGO PARTIDA	MEDICIÓN
E38515G1	229,69 m <sup>3</sup>
E32515G3	17,97 m <sup>3</sup>
E45118G3	138,54 m <sup>3</sup>
E45218G3	31,43 m <sup>3</sup>
E45318G3	93,64 m <sup>3</sup>
145BAAAD	835,15 m <sup>3</sup>
145BAAA7	156,81 m <sup>3</sup>
E45C18GA	81,86 m <sup>3</sup>
E45CA8G3	16,61 m <sup>3</sup>
E45818G3	140,94 m <sup>3</sup>
E45818R3	194,2 m <sup>3</sup>
E45817B3	8 m <sup>3</sup>
E93617B1	47,55 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>1992,39 m<sup>3</sup></b>

Tabla 14: Medición total de hormigón estructural.

HORMIGÓN POBRE	
CÓDIGO PARTIDA	MEDICIÓN
E3Z112P1	0,66 m <sup>3</sup>
E31522G1	848,37 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>849,03 m<sup>3</sup></b>

Tabla 15: Medición total de hormigón pobre.

ESTRUCTURA CERÁMICA	
CÓDIGO PARTIDA	MEDICIÓN
E4F2B574	2,52 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2,52 m<sup>3</sup></b>

Tabla 16: Medición total de estructura cerámica.

ACERO	
CÓDIGO PARTIDA	MEDICIÓN
E31B3000	8,9 t
E32B300P	0,8 t
E4B13000	52,6 t
E4B23000	2,5 t
E4B35000	16,8 t
145BAAAD	69 t
145BAAA7	12,6 t
E4BC3000	4,8 t
E4BC4000	1,2 t
E4416315	5,9 t
K441531D	3,4 t
E4436121	6,6 t
E9Z4M618	1,4 t
<b>TOTAL</b>	<b>186,5 t</b>

Tabla 17: Medición total de acero.



GRAVA (50-70 mm)	
CÓDIGO PARTIDA	MEDICIÓN
E9234B9	317 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>317 m<sup>2</sup></b>

Tabla 18: Medición total de grava (50-70 mm).

Una vez obtenidas las cantidades, se realiza un proceso de unificación de las unidades de medición. En este sentido, se adopta el kilogramo como unidad de medición para todos los materiales obtenidos.

## 1.2. Hormigón

El hormigón, tanto el estructural como el pobre se miden inicialmente en metros cúbicos. Para su transformación a kilogramos se ha utilizado la dosificación establecida en el proyecto y que responde a las características de la Instrucción EH-91.

CLASE DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN		
	ARENA	ÁRIDO	CEMENTO
ESTRUCTURAL	620 kg	1235 kg	390 kg
POBRE	749 kg	812 Kg	263 kg

Tabla 19: Dosificaciones para la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de hormigón.



CLASE DE HORMIGÓN	MEDICIÓN (m <sup>3</sup> )	Kg/m <sup>3</sup> de hormigón		
		ARENA	ÁRIDO	CEMENTO
ESTRUCTURAL	1992.39	620	1235	390
POBRE	849.03	749	812	263
ESTRUCTURAL		1235,3 t	2460,6 t	777 t
POBRE		635,9 t	689,4 t	223,3 t
<b>TOTAL</b>		<b>1871, 2 t</b>	<b>3150 t</b>	<b>1000 t</b>

Tabla 20: Cantidades totales de arena, cemento y grava.

### 1.3. Estructura cerámica

La estructura cerámica también se mide inicialmente en metros cúbicos. Para la obtención de los kilogramos de cada material se han utilizado los datos facilitados por la base de datos del Itec.

Visualización de partida (Obra: 20 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP-P...)

General Justificación Condiciones técnicas Gráficos

P.A. a justificar Tipo: Familia: Identificador: Nombre:  
 De obra E 4F2 B574 PARED ESTRUCTURAL DE 14 CM DE I

U.M.: Rendimiento: F. creación: F. modif.: Concepto: Precio:  
 M3 1,279 09/05/2015 10/06/2015 44 PARTIDA DE OBRA 194,41 ...

T	Código	U.M	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	A0140000	h	Manobre	16,31000	3,0000 /R	38,25645
h	A0122000	h	Oficial 1a paleta	17,85000	6,0000 /R	83,73729
u	B0F1F2A1	u	Maó calat R15,290x140x100mm	0,18000	224,6400	40,43520
m3	D0718821	m3	Morter ciment pòrtland CEM I+sc	87,31480	0,1289	11,25488

Exportar Donde participa ... Incluir Datos Borrar

M. de obra: Maquinaria: Material: Sin gastos: % Gastos auxiliares:  
 121,99374 0 51,69008 173,68382 2,5 3,04984

Aceptar Cancelar

Figura 53: Justificación de la partida

PRODUCTO	VOLUMEN	Ladrillos/m <sup>3</sup>
LADRILLO	2.52 m <sup>3</sup>	224.64
	<b>TOTAL</b>	<b>566 ladrillos</b>

Tabla 21: número total de ladrillos.

Cada unidad de ladrillo equivale aproximadamente a 2,8 kilogramos. Para determinar la masa de cada unidad de ladrillo se ha utilizado el catálogo de productos de la empresa de fabricación de productos cerámicos básicos en la construcción TEALSA, cuyo centro de producción se sitúa en la localidad de Almenar (Lleida).

Tipo:  Familia:  Identificador:  Nombre:

U.M.:  Rendimiento:  F. creación:  F. modif.:  Concepto:  Precio:  ...

T	Código	U.M	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
	A0150000	h	Manobre especialista	16,82000	1,0000 /R	16,82000
	C1705600	h	Formigonera 165l	1,77000	0,7000 /R	1,23900
	B081C010	kg	Addit. inclus. aire/plastificant mor	1,16000	0,7600	0,88160
	B0511401	t	Ciment pòrtland CEM I 32,5R,sa	106,62000	0,3800	40,51560
	B0310020	t	Sorra p/morters	18,02000	1,5200	27,39040
	B0111000	m3	Aigua	1,50000	0,2000	0,30000

M. de obra:  Maquinaria:  Material:  Sin gastos:  % Gastos auxiliares:

Figura 54: Justificación de la partida.

MATERIAL	CANTIDAD	VOLUMEN	TOTAL
ARCILLA	566 ladrillos	2.8 Kg/ladrillo	1,6 t
ARENA	1520 Kg/m <sup>3</sup>	2.52 m <sup>3</sup> x 0.1289 m <sup>3</sup> de mortero/ m <sup>3</sup> = 0.32 m <sup>3</sup>	0,49 t
CEMENTO	380 Kg/m <sup>3</sup>	2.52 m <sup>3</sup> x 0.1289 m <sup>3</sup> de mortero/ m <sup>3</sup> = 0.32 m <sup>3</sup>	0,12 t

Tabla 22: Cantidades totales de arcilla, arena y cemento.

#### 1.4. Acero

Para el acero sólo ha sido necesario realizar cálculos para las mallas electrosoldadas ya que su unidad de medición inicial es el metro cuadrado.

Visualización de partida (Obra: 21 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP-P...

General Justificación Condiciones técnicas Gráficos

☐ P.A. a justificar  
☒ De obra

Tipo: E Familia: 924 Identificador: M618 Nombre: ARMADURA PARA SOLERA DE HORM

U.M.: M2 Rendimiento: 1 F. creación: 09/05/2015 F. modif.: 10/06/2015 Concepto: 44 PARTIDA DE OBRA Precio: 5,16

T	Código	U.M	Descripción	Precio	Cantidad		Importe
1	A0124000	h	Oficial 1a ferrallista	17,85000	0,0300	/R	0,53550
1	A0134000	h	Ajudant ferrallista	17,19000	0,0300	/R	0,51570
1	B0414200	kg	Filferro recuit,D=1,3mm	1,09000	0,0204		0,02224
1	B0834256	m2	Malla el.b/corrug.ME 20x20cm,C	3,00000	1,2000		3,60000

Exportar Donde participa ... Incluir Datos Borrar

M. de obra: 1,0512 Maquinaria: 0 Material: 3,62224 Sin gastos: 4,67344 % Gastos auxiliares: 1,5 0,01577

Aceptar Cancelar

Figura 55: Justificación de la partida.

PRODUCTO	CANTIDAD	MEDICIÓN	TOTAL
MALLA ELECTROSOLDADA	1.2 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	317 m <sup>2</sup>	380.4 m <sup>2</sup>

Tabla 23: Superficie total de malla electrosoldada.

Separación entre elementos (mm)		Diámetro (mm)		*Secciones (cm <sup>2</sup> /m)		Nº elementos		u <sub>1</sub> (mm)	u <sub>2</sub> (mm)	u <sub>3</sub> (mm)	u <sub>4</sub> (mm)	P <sub>A</sub> (mm)	Panel	
P <sub>L</sub>	P <sub>C</sub>	d <sub>L</sub>	d <sub>C</sub>	A <sub>L</sub>	A <sub>C</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>C</sub>						kg/panel	kg/m <sup>2</sup>
150	150	5,0	5,0	1,31	1,31	12	40	75	75	125	125	300	24,64	1,867
200	200	5,0	5,0	0,98	0,98	10	30	100	100	100	100	300	19,40	1,470
150	150	6,0	6,0	1,89	1,89	12	40	75	75	125	125	300	35,52	2,691
200	200	6,0	6,0	1,42	1,42	9	30	100	100	100	100	400	26,64	2,018
150	150	8,0	8,0	3,35	3,35	11	40	75	75	200	200	300	60,83	4,608
200	200	8,0	8,0	2,52	2,52	8	30	100	100	200	200	400	45,03	3,411
150	150	10,0	10,0	5,23	5,23	11	40	75	75	200	200	300	95,02	7,198
200	200	10,0	10,0	3,93	3,93	8	30	100	100	200	200	400	70,34	5,329
150	150	12,0	12,0	7,53	7,53	9	40	75	75	350	350	300	126,10	9,553
200	200	12,0	12,0	5,65	5,65	7	30	100	100	300	300	400	95,90	7,265
200	200	16,0	16,0	10,05	10,05	7	30	100	100	300	300	400	170,64	12,927
200	300	5,0	5,0	0,98	0,65	10	20	150	150	100	100	300	16,02	1,213
150	300	5,0	5,0	1,31	0,65	12	20	150	150	125	125	300	17,86	1,353
150	300	6,0	6,0	1,89	0,94	12	20	150	150	125	125	300	25,75	1,951
150	300	8,0	8,0	3,35	1,68	11	20	150	150	200	200	300	43,45	3,292

Figura 56: Peso mallas según Norma UNE 36092:2014.

MEDICIÓN	CANTIDAD	TOTAL
380.4 m <sup>2</sup>	3.411 Kg/m <sup>2</sup>	1,3 t

Tabla 24: Peso total de las mallas electrosoldadas.

MATERIAL	TOTAL
ACERO	187,8 t

Tabla 25: Peso total del acero.

### 1.5. Grava

La grava (50-70 mm) empleada como base para la solera se mide en metros cúbicos. Para la obtención de su masa también se han utilizado los datos facilitados por el ItEC.

Visualización de partida (Obra: 21 - ESTRUCTURA EDIFICIO 3 DE CAP-P...)

General Justificación Condiciones técnicas Gráficos

P.A. a justificar Tipo: Familia: Identificador: Nombre:  
 De obra E 923 4891 BASE DE GRAVA DE 15 CM DE GROS

U.M.: Rendimiento: F. creación: F. modif.: Concepto: Precio:  
 M2 3,611 09/05/2015 10/06/2015 PARTIDA DE OBRA 5,93 ...

T	Código	U.M	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	A0150000	h	Manobre especialista	16,82000	0,1000 /R	0,46580
h	A0140000	h	Manobre	16,31000	0,0500 /R	0,22584
h	C133A030	h	Compactador duplex manual,700	9,97000	0,0500 /R	0,13805
t	B0331300	t	Grava pedra calc.50-70mm	16,99000	0,2678	4,54992

Exportar Donde participa ... Incluir Datos Borrar

M. de obra: Maquinaria: Material: Sin gastos: % Gastos auxiliares:  
 0,69164 0,13805 4,54992 5,37961 1,5 0,01037

Aceptar Cancelar

Figura 57: Justificación partida.

MATERIAL	MEDICIÓN	CANTIDAD	TOTAL
GRAVA	317 m <sup>2</sup>	26.78 Kg/m <sup>2</sup>	8,5 t

Tabla 26: Peso total de grava

## ANEXO 2



MEDICIONES

Fecha: 23/07/15

Pág.: 1

Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD
Subcapítulo	01	MOVIMIENTO DE TIERRAS

NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN
1	E2213422	M3	EXCAVACIÓN PARA REBAJA. EN TERRENO COMPACTO, CON MEDIOS MECÁNICOS Y CARGA MECÁNICA SOBRE CAMIÓN
			MEDICIÓN DIRECTA 812,700
2	E222142A	M3	EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y POZOS DE CIMENTACIÓN EN TERRENO COMPACTO, CON MEDIOS MECÁNICOS Y CARGA MECÁNICA SOBRE CAMIÓN. INCLUYE REPASO DE SUELOS Y PAREDES
			MEDICIÓN DIRECTA 1.078,714
3	E225177F	M3	TERRAPLENADO Y PICONADO MECÁNICOS CON TIERRAS ADECUADAS, EN CAPAS DE 25 CM COMO MÁXIMO, CON UNA COMPACTACIÓN DEL 95 % PM
			MEDICIÓN DIRECTA 20,000
4	E2R45033	M3	TRANSPORTE DE TIERRAS A UN VERTEDERO AUTORIZADO Y TIEMPOS DE ESPERA PARA LA CARGA, CON CAMIÓN DE 7 T CARGADO A MÁQUINA
			MEDICIÓN DIRECTA 2.269,697

Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD
Subcapítulo	02	CIMENTACIÓN

NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN
1	E3Z112P1	M2	CAPA DE LIMPIEZA Y ANIVELAMIENTO DE 10 CM DE GROSOR DE HORMIGÓN CON 150 KG/M3 DE CEMENTO, ABOCADO DESDE CAMIÓN
			MEDICIÓN DIRECTA 6,560
2	E31522G1	M3	HORMIGÓN POBRE, PARA POZOS DE CIMENTACIÓN, ABOCADO DESDE EL CAMIÓN
			MEDICIÓN DIRECTA 848,370
3	E38515G1	M3	HORMIGÓN, PARA ZANJAS Y TRABAS, H-250, DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO DESDE CAMIÓN (MEDIDO SEGÚN PERFIL TEÓRICO)
			MEDICIÓN DIRECTA 229,688
4	E31DC100	M2	ENCOFRADO CON TABLERO DE MADERA PARA ZANJAS Y POZOS DE CIMENTACIÓN
			MEDICIÓN DIRECTA 355,360
5	E31B3000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE MUROS. INCL
			MEDICIÓN DIRECTA 8.908,072
6	E32515G3	M3	HORMIGÓN, PARA MUROS, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE

MEDICIONES

			MEDICIÓN DIRECTA	17,967
7	E32DCA23	M2	ENCOFRADO CON TABLEROS DE MADERA, A DOS CARAS, PARA MUROS (MEDICIÓN: SUPERFICIE EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN)	
			MEDICIÓN DIRECTA	126,820
8	E32B300P	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE MUROS. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYO Y RECORTES DE LAS BARRAS	
			MEDICIÓN DIRECTA	781,940
Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3		
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD		
Subcapítulo	03	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN		
NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN	
1	E45118G3	M3	HORMIGÓN, PARA PILARES, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE	
			MEDICIÓN DIRECTA	138,539
2	E4D1JE23	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO DE FIBRA PARA PILARES DE SECCIÓN CIRCULAR, PARA DEJAR EL HORMIGÓN VISTO (SUPERFICIE EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN)	
			MEDICIÓN DIRECTA	617,354
3	E4D1D123	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO DE TABLERO DE MADERA PARA PILARES DE SECCIÓN RECTANGULAR, PARA DEJAR EL HORMIGÓN VISTO. INCLUYE TRATAMIENTO CON DESENCOFRANTES, LIMPIEZA POSTERIOR, MERMAS Y UTILLAJE PARA SU EJECUCIÓN, SEGÚN PLIEGO DE CONDICIONES.	
			MEDICIÓN DIRECTA	65,130
4	E4D11103	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO DE PLAFONES METÁLICOS PARA PILARES DE SECCIÓN RECTANGULAR	
			MEDICIÓN DIRECTA	661,360
5	E4B13000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE PILARES. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYOS Y RECORTES DE LAS ARMADURAS	
			MEDICIÓN DIRECTA	52.644,820
6	E45218G3	M3	HORMIGÓN, PARA MUROS, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE	
			MEDICIÓN DIRECTA	31,428
7	E32DCA23	M2	ENCOFRADO CON TABLEROS DE MADERA, A DOS CARAS, PARA MUROS (MEDICIÓN: SUPERFICIE EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN)	
			MEDICIÓN DIRECTA	308,880
8	E4B23000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE MUROS. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYO Y RECORTES DE LAS BARRAS	

MEDICIONES

Fecha: 23/07/15

Pág.: 3

			MEDICIÓN DIRECTA	2.514,240
9	E45318G3	M3	HORMIGÓN, PARA VIGAS, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL GRANULADO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE	
			MEDICIÓN DIRECTA	93,640
10	E4B35000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE VIGAS. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYOS Y RECORTES DE LAS ARMADURAS	
			MEDICIÓN DIRECTA	16.774,970
11	E4D3D503	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO CON TABLERO DE MADERA, PARA VIGAS DE DIRECTRIZ RECTA	
			MEDICIÓN DIRECTA	417,707
12	E4D3D505	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO CON TABLERO DE MADERA, PARA VIGAS DE DIRECTRIZ CURVA	
			MEDICIÓN DIRECTA	62,560
13	145BAAAD	M2	TECHO NERVADO RETICULAR DE 30+4 CM, CON UNA CUANTÍA DE 3.16 UDS DE CASETONES DE MORTERO DE CEMENTO POR M2 DE TECHO, DISTANCIA ENTRE EJES 0.8 M, CON UNA CUANTÍA DE 15.75 KG/M2 DE ACERO B 500 S EN BARRAS CORRUGADAS PARA ARMADURAS Y 0.20 M3/M2 DE HORMIGÓN H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, MALLA ELECTROSOLDADA 200x200x5 MM DE ACERO B 500t. SE INCLUYE EL ENCOFRADO-DESENCOFRADO DE FORJADO, LATERAL DE LOSZUNCHOS Y AGUJEROS (ESCALERAS Y LUCERNARIOS), REALIZACIÓN DE INFLEXIONES, SISTEMAS CON TABLERO DE MADERA SOBRE ENTRAMADO DESMONTABLE, VERTIDO DE HORMIGÓN, SEPARADORES Y LO NECESARIO PARA DEJAR LA UNIDAD ACABADA	
			MEDICIÓN DIRECTA	5.000,870
14	145BAAA7	M2	TECHO NERVADO RETICULAR DE 30+4 CM, CON UNA CUANTÍA DE 3.16 UDS DE CASETONES DE MORTERO DE CEMENTO POR M2 DE TECHO, DISTANCIA ENTRE EJES 0.8 M, CON UNA CUANTÍA DE 12.50 KG/M2 DE ACERO B 500 S EN BARRAS CORRUGADAS PARA ARMADURAS Y 0.20 M3/M2 DE HORMIGÓN H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, MALLA ELECTROSOLDADA 200x200x5 MM DE ACERO B 500t. SE INCLUYE EL ENCOFRADO-DESENCOFRADO DE FORJADO, LATERAL DE LOSZUNCHOS Y AGUJEROS (ESCALERAS Y LUCERNARIOS), REALIZACIÓN DE INFLEXIONES, SISTEMAS CON TABLERO DE MADERA SOBRE ENTRAMADO DESMONTABLE, VERTIDO DE HORMIGÓN, SEPARADORES Y LO NECESARIO PARA DEJAR LA UNIDAD ACABADA	
			MEDICIÓN DIRECTA	938,960
15	E45C18GA	M3	HORMIGÓN, PARA LOSAS, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE	
			MEDICIÓN DIRECTA	81,857
16	E45CA8G3	M3	HORMIGÓN, PARA LOSAS INCLINADAS, H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM, ABOCADO CON CUBILOTE. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE FORMACIÓN DE ESCALONES CON HORMIGÓN ARMADO	
			MEDICIÓN DIRECTA	16,614
17	E4DC1D00	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO PARA LOSAS, CON TABLERO DE MADERA	



MEDICIONES

Fecha: 23/07/15

Pág.: 4

				MEDICIÓN DIRECTA	130,832
18	E4DC2D02	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO PARA LOSAS, CON TABLERO DE MADERA, PARA DEJAR EL HORMIGÓN VISTO. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE FORMACIÓN DE RANURAS, ROMPEAGUAS Y DETALLES ESPECIALES		
				MEDICIÓN DIRECTA	180,338
19	E4DCAD02	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO PARA LOSAS INCLINADAS, CON TABLERO DE MADERA		
				MEDICIÓN DIRECTA	23,000
20	E4DCAD00	M2	MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO PARA LOSAS INCLINADAS, CON TABLERO DE MADERA, PARA DEJAR EL HORMIGÓN VISTO. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE FORMACIÓN DE RANURAS, DETALLES ESPECIALES Y ROMPEAGUAS		
				MEDICIÓN DIRECTA	87,350
21	E4BC3000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE LOSAS HORIZONTALES. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYOS Y RECORTES DE LAS BARRAS		
				MEDICIÓN DIRECTA	4.775,330
22	E4BC4000	KG	ACERO AEH 500 S DE LÍMITE ELÁSTICO 5100 KP/CM2 EN BARRAS CORRUGADAS, PARA LA ARMADURA DE LOSAS INCLINADAS. INCLUYE PARTE PROPORCIONAL DE ARMADURA DE MONTAJE, APOYOS Y RECORTES DE LAS BARRAS		
				MEDICIÓN DIRECTA	1.246,050
23	E45C104S	U	PASADOR DE APOYO EN JUNTA DE DILATACIÓN EN TECHO RETICULAR TIPO "TITAN I-30-0" DE "PLAKABETON, S.L." O EQUIVALENTE. INCLUYE MECANISMO DE SUJECIÓN, ZUNCHO PUNTUAL Y MEDIDAS DE SEGURIDAD NECESARIAS. TOTALMENTE ACABADO SEGÚN DETALLE DE LOS PLANOS Y PLIEGO DE CONDICIONES		
				MEDICIÓN DIRECTA	48,000
24	E45C105S	U	PASADOR DE APOYO EN JUNTA DE DILATACIÓN EN TECHO RETICULAR TIPO "TITAN I-22-0" DE "PLAKABETON, S.L." O EQUIVALENTE. INCLUYE MECANISMO DE SUJECIÓN, ZUNCHO PUNTUAL Y MEDIDAS DE SEGURIDAD NECESARIAS. TOTALMENTE ACABADO SEGÚN DETALLE DE LOS PLANOS Y PLIEGO DE CONDICIONES		
				MEDICIÓN DIRECTA	47,000
25	E45818G3	M3	FORMACIÓN DEL MURO PERIMETRAL DE CUBIERTA DE 30 CM DE GROSOR Y 30 CM DE ALTURA. COMPRENDE: MONTAJE Y DESMONTAJE DEL ENCOFRADO, HORMIGÓN H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM Y ACERO AEH-500. TODO SEGÚN DETALLE		
				MEDICIÓN DIRECTA	140,940
26	E45818R3	M3	FORMACIÓN DEL ZUNCHO PERIMETRAL EN LA CORONACIÓN DE LOS MUROS DE 30 CM DE ANCHURA Y 30 CM DE ALTURA. COMPRENDE: MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO, HORMIGÓN H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM Y ACERO AEH-500. INCLUYE REPERCUSIÓN DE FORMACIÓN DE ARCO. TODO SEGÚN DETALLE		
				MEDICIÓN DIRECTA	194,200
27	E45817B3	M3	FORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CLARABOYA TRONCOCÓNICA DE BASE INFERIOR ELÍPTICA(EJES APROXIMADOS: 5 Y 3.5 METROS) Y BASE SUPERIOR CIRCULAR DE 2 METROS DE ALTURA. COMPRENDE: MONTAJE Y DESMONTAJE DE ENCOFRADO ESPECIAL, HORMIGÓN H-250 DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO 20 MM Y ACERO AEH-500. TODO SEGÚN DETALLE		

MEDICIONES

Fecha: 23/07/15

Pág.: 5

			MEDICIÓN DIRECTA	8,000
28	E898D240	M2	PINTADO DE PARAMENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES EXTERIORES DE HORMIGÓN VISTO, CON PINTURA PROTECTORA PARA LA PARADA DE LA CARBONATACIÓN, APLICADA EN AMBAS CARAS. INCLUYE LIMPIEZA PREVIA DEL PARAMENTO	
			MEDICIÓN DIRECTA	952,660

Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD
Subcapítulo	04	ESTRUCTURA METÁLICA

NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN
1	E4416315	KG	ACERO A/42B, PARA PILARES METÁLICOS, CRUCETAS Y PLACAS DE ANCLAJE EN PERFILES LAMINADOS SERIE IPN, IPE, HEB, HEA, HEM, UPN, TUBOS PERFORADOS, PLACAS Y BARRAS, TRABAJADO EN TALLER Y COLOCADO EN OBRA. INCLUYE PINTADO CON DOS MANOS DE PINTURA ANTIOXIDANTE, 1 PARTE PROPORCIONAL DE RIGIDIZADORES, SOLDADURAS Y/O TORNILLOS. (MEDIDO SEGÚN PERFIL TEÓRICO)
			MEDICIÓN DIRECTA
			5.954,923

2	K441531D	KG	ACERO A/42, PARA PILARES METÁLICOS PROVISIONALES, FORMADO POR PERFILES HEB-180+CHAPAS, PLACAS DE ANCLAJE Y DE UNIÓN Y ESPÁRRAGOS. INCLUYE TRABAJOS DE TENSADO, DESTENSADO, DESMONTAJE Y RETIRADA DEL PILAR HASTA EL PUNTO DE CARGA Y HASTA UN VERTEDERO AUTORIZADO. INCLUYE: PINTADO CON DOS MANOS DE PINTURA ANTIOXIDANTE, 1 PARTE PROPORCIONAL DE MECANIZACIÓN DE LOS ESPÁRRAGOS, RIGIDIZADORES, SOLDADURAS Y TORNILLOS (ORDINARIOS Y DE ALTA RESISTENCIA (TAR)). (MEDIDO SEGÚN PERFIL TEÓRICO)	
			MEDICIÓN DIRECTA	3.423,864

3	E4436121	KG	ACERO A/42B, PARA ESCALERA METÁLICA SIGUIENDO EL DISEÑO DE LOS PLANOS DE ARQUITECTURA, EN PERFILES LAMINADOS, CORTADO Y TRABAJADO EN TALLER Y COLOCADO EN LA OBRA. INCLUYE PINTADO CON DOS MANOS DE PINTURA ANTIOXIDANTE, 1 PARTE PROPORCIONAL DE ELEMENTOS DE ANCLAJE, "HILTIS" FIJACIONES, ELEMENTOS ESPECIALES DE UNIÓN, SOLDADURAS Y/O TORNILLOS. (MEDIDOS SEGÚN PERFIL TEÓRICO)	
			MEDICIÓN DIRECTA	6.571,255

Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD
Subcapítulo	05	ESTRUCTURA CERÁMICA

NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN
1	E4F2B574	M3	PARED ESTRUCTURAL DE 14 CM DE GROSOR. DE LADRILLO PERFORADO DE 29x14x10 CM R150, PARA REVESTIR, COLOCADO CON MORTERO DE CEMENTO 1:4, ELABORADO EN LA OBRA CON HORMIGONERA DE 165 L
			MEDICIÓN DIRECTA
			2,520

Obra	01	PRESUPUESTO OMA 5495-3
Capítulo	02	ESTRUCTURA EDIFICIO FACULTAD
Subcapítulo	06	SOLERA

NUM.	CÓDIGO	UM	DESCRIPCIÓN
1	E93617B1	M2	SOLERA DE HORMIGÓN H-250, DE CONSISTENCIA PLÁSTICA Y TAMAÑO MÁXIMO DEL ÁRIDO DE 20 MM, DE 15 CM DE GROSOR, TENDIDO Y VIBRADO MECÁNICO, REMOLINADO MECÁNICO Y ACABADO

MEDICIONES

Fecha: 23/07/15

Pág.: 6

ESTRIADO O LISO. INCLUYE: LÁMINA DE POLIESTIRENO, JUNTA PERIMETRAL RELLENA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO, CORTES DE JUNTA EN FRESCO CADA 20 M2, SELLADO CON MÁSTIC DE EPOXI ELÁSTICA, ARMADA A DOBLE CARA CON MALLA ELECTROSOLDADA DE ACERO AEH-500 DE 20x20 DE 8 MM, ANIVELAMIENTO Y COLOCACIÓN DE TAPAS

MEDICIÓN DIRECTA 317,000

2 E9Z4M618 M2

ARMADURA PARA SOLERA DE HORMIGÓN AP500 SD CON MALLA ELECTROSOLDADA DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO ME 20X20 CM D:8-8 MM 6X2.2 M B500SD

MEDICIÓN DIRECTA 317,000

3 E9234B91 M2

BASE DE GRAVA DE 15 CM DE GROSOR Y TAMAÑO MÁXIMO DE 50 A 70 MM, CON TENDIDO Y PICONADO DEL MATERIAL

MEDICIÓN DIRECTA 317,000